EL MUNDO FÍSICO Y LA VIDA

El agua

ALBERTO E. J. FESQUET

EDITORIAL
KAPELUSZ





EL MUNDO FÍSICO Y LA VIDA

Curso de ciencias integradas:
conocimiento y acción;
ciencia y tecnología.





tomo **5**

EL AGUA

Alberto E. J. Fesquet





EDITORIAL KAPELUSZ
MORENO 372 BUENOS AIRES

Publicado en setiembre de 1976.
LIBRO DE EDICIÓN ARGENTINA – Printed in Argentina.



INDICE

EL AGUA Y LA VIDA

I. El agua y sus propiedades

II. El agua, nuestra amiga

III. Composición química del agua

IV. El agua al servicio del hombre

V. Equilibrios y presiones de los líquidos

VI. El principio de Arquímedes



EL AGUA Y LA VIDA

I. El agua y sus propiedades

1 Congelación

Observaciones y experimentos

1. Introduzcamos un tubo de ensayo que contenga una pequeña cantidad de agua en un montoncito de trozos de nieve carbónica (nos será fácil conseguirla en los comercios que expenden "postres helados"). Casi en seguida, por acción del frío intenso que transmite la nieve carbónica, el agua del tubo se congela, es decir, se transforma en hielo.

2. Llenemos otro tubo de ensayo con agua y tapémoslo con un corcho, en forma que no quede aire en su interior. Pongamos el tubo así preparado entre los trozos de nieve carbónica o en el congelador de la heladera. Al congelarse el agua, salta el tapón o se rompe el vidrio del tubo.

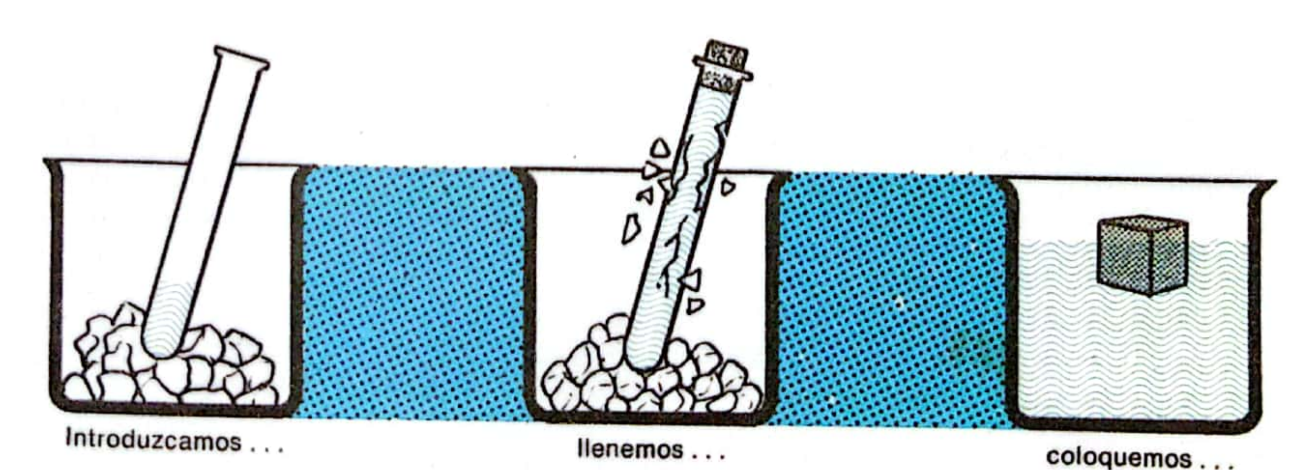
3. Coloquemos un trozo de forma regular de hielo (un cubito, por ejemplo) en el agua de un recipiente cualquiera. Flotará: comparemos el tamaño de la parte que sobresale del agua y la parte que queda sumergida.

Inducciones

1. Por debajo de cierta temperatura (0° C, en este caso), el agua se congela y permanece en estado sólido.

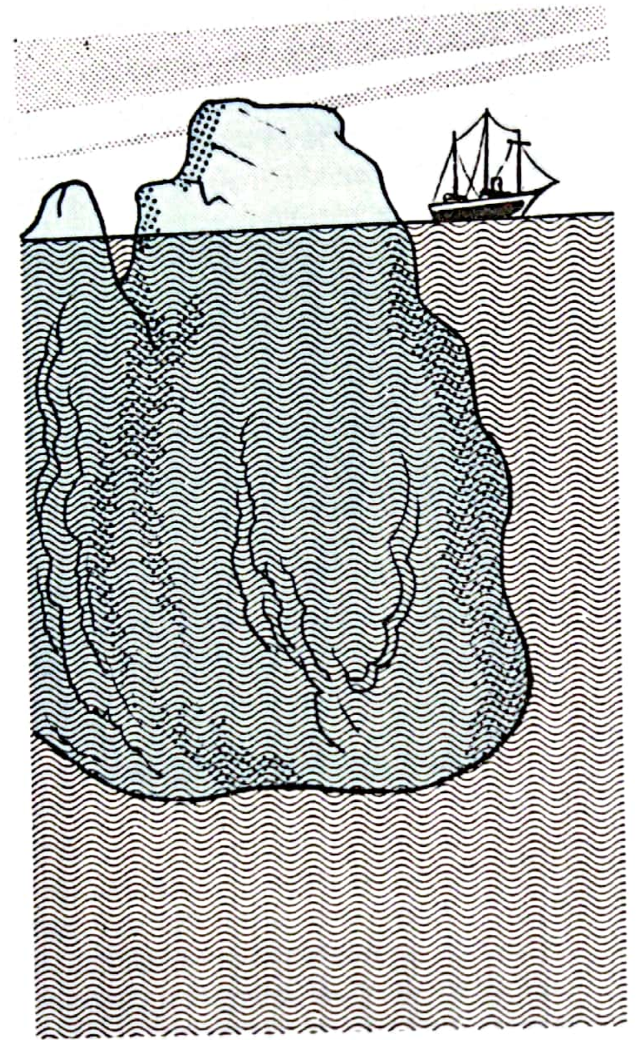
2. El volumen del hielo obtenido es algo mayor que el volumen del agua líquida utilizada (por eso hace saltar el tapón o rompe el vidrio).

3. Al aumentar el volumen, el peso específico del agua congelada (hielo) es menor que el del agua líquida. Por consiguiente, el hielo flota en el agua líquida. Como esa diferencia de peso específico es relativamente pequeña, la parte de hielo que emerge es bastante menor que la parte sumergida.


Introduzcamos . . . llenemos . . . coloquemos . . .

Deducciones

1. Las cimas de las montañas y el suelo de las regiones polares, donde hay constantemente una temperatura inferior a la de la congelación del agua, permanecen cubiertas de nieve durante todo el año.



El hielo flota en el agua.

2. La parte emergida de los témpanos es muy pequeña comparada con la parte sumergida.

3. En las ciudades y en las zonas rurales, donde el invierno es muy crudo, las cañerías de agua que están a la intemperie corren riesgo de reventar, razón por la cual se las cubre con trapos y papeles u otros materiales malos conductores del calor. Igualmente, durante la noche se saca el agua de los radiadores de los automóviles, o se le agregan sustancias anticongelantes (como glicerina) que disminuyen el punto de congelación.

2 Condensación del vapor

Observaciones y experimentos

1. Calentemos un poco de agua en un tubo de ensayo. La parte superior del tubo, que está fría, se cubre de pequeñas gotitas de agua, empañándose.

2. Cuando levantamos la tapa de una olla o de una pava en las que hierve agua, la encontramos mojada en su parte interior.

3. Si acercamos un plato, un espejo o una plancha metálica al pico de una pava, por la que sale vapor de agua, ¿qué sucede?

4. Ya hemos dicho que cuando servimos una bebida helada, las paredes exteriores del vaso se empañan, cosa que también sucede con la botella. Asimismo, ya mencionamos el hecho de que en invierno los vidrios de las habitaciones se empañan. Al anochecer, después de la puesta del sol, es característica la humedad del *relente* o *sereno*.

Inducciones

1. Cuando el vapor de agua (que es invisible) encuentra una superficie fría, se condensa, es decir, se transforma en agua líquida: la superficie del cuerpo frío se empaña.

2. Como sabemos, el aire contiene siempre una cantidad variable de vapor de agua. Si la temperatura del aire desciende lo suficiente, ese vapor (invisi-

ble hasta entonces) se condensa, pasa al estado líquido y queda en suspensión en forma de diminutas gotas, constituyendo las nubes (ahora visibles). Si esas gotas aumentan de tamaño, se precipitan en forma de lluvia. Las nubes y la lluvia representan la vuelta del vapor al estado líquido.

3. Cuando los objetos se enfrían durante la noche, como ocurre con todos aquellos que se hallan a la intemperie, amanecen cubiertos de gotitas de rocío, esto es, agua que se ha condensado sobre la superficie fría (pastos, pavimento, techos, etc.).

4. La atmósfera está saturada cuando contiene el máximo de vapor de agua. Si la cantidad supera el grado de saturación, el exceso se deposita sobre los objetos, las paredes y vidrios chorrean, la ropa no seca, se forman neblinas (que no son otra cosa que nubes a ras del suelo).

5. La condensación representa, pues, la transformación del vapor de agua en agua líquida.

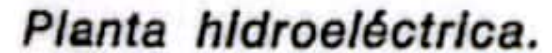
6. El "vapor" que despide una máquina no es, en realidad, agua en estado de vapor, sino que se trata de "vapor" ya condensado, pues al salir al exterior –especialmente por disminución de la presión– se ha enfriado notablemente con respecto a la temperatura que había en el interior de la caldera. El "vapor" que creemos ver es, en verdad, una pequeña nube que toma el aspecto de las verdaderas nubes. Igual cosa ocurre con el "vapor" que escapa por el pico de una pava con agua que hierve.

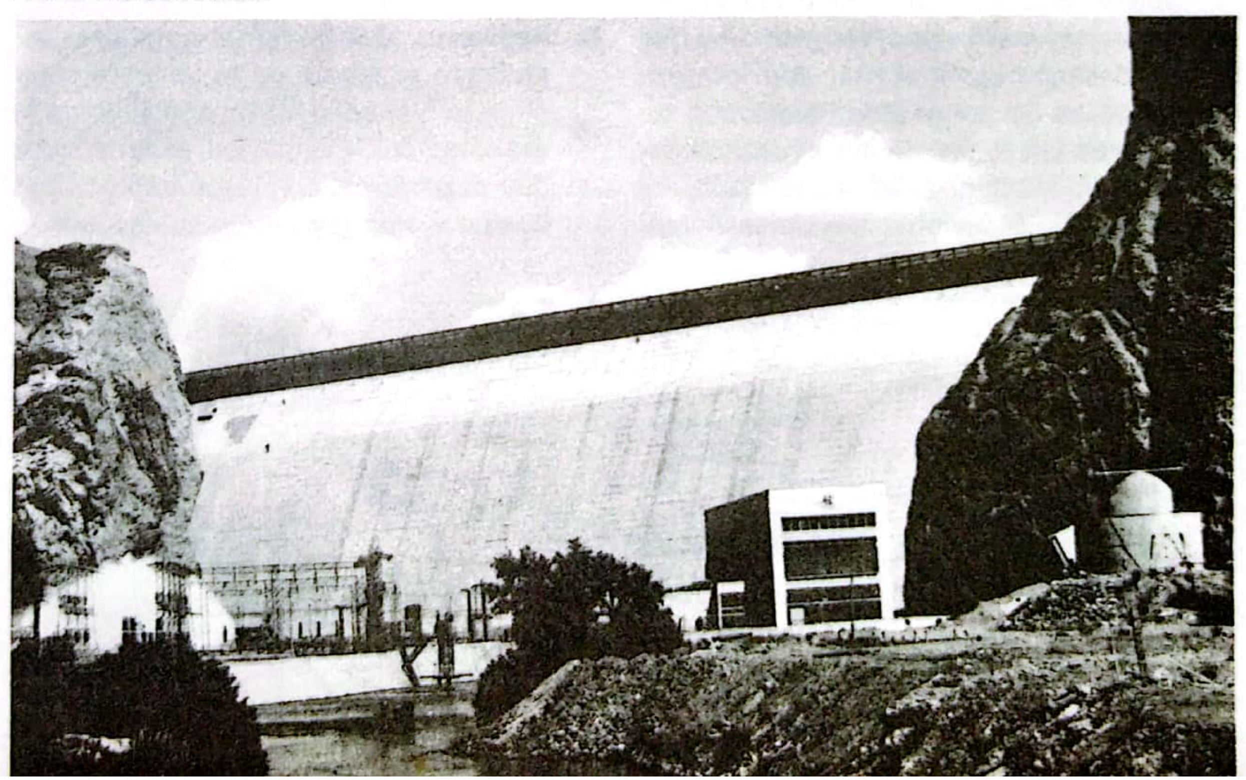
3 Fusión del hielo

Observaciones y experimentos

1. Coloquemos en un recipiente un trozo de hielo, ¿qué sucede al cabo de cierto tiempo?; ¿se conserva el hielo?

2. Después del invierno, con los primeros calores comienza el deshielo en las montañas nevadas. Los torrentes y los ríos que descienden por las laderas ven así súbitamente acrecentado su


Planta hidroeléctrica.



caudal, muchos de ellos desbordan e inundan la región por donde corren, a menos que sean contenidos por obras de defensa, como son los diques o presas que, además de evitar las inundaciones, pueden ser fuentes de energía hidroeléctrica y permiten reservar el agua para su distribución en la época de escasez.

Inducciones

1. Cuando la temperatura es superior a 0° C (punto de congelación del agua), el hielo se funde, la nieve se derrite.
2. Al fundirse, el agua pasa del estado sólido al estado líquido.

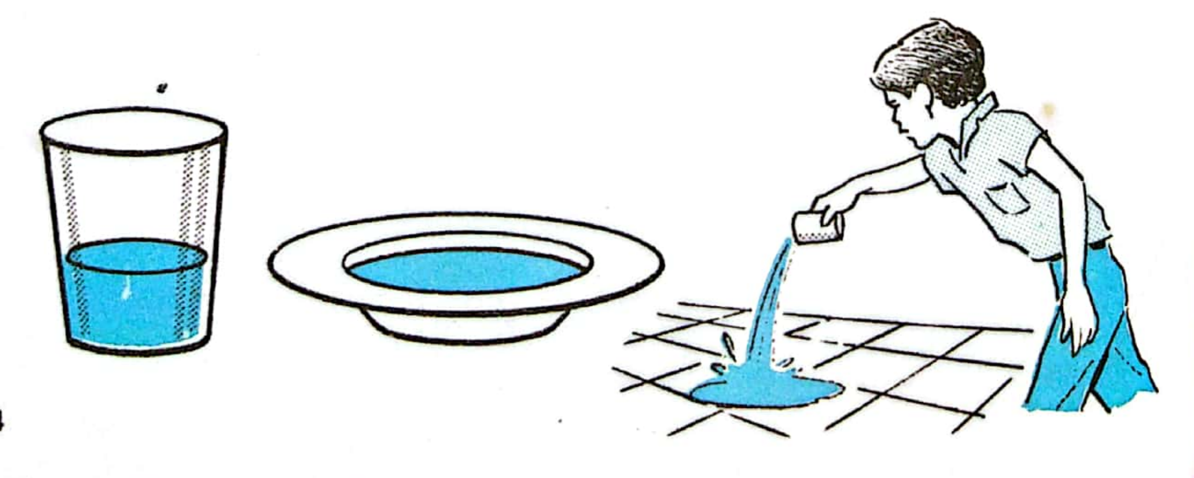
Deducciones

1. En las zonas polares la superficie del mar está cubierta por hielo. En el borde, la acción de las olas lo quiebra y se desprenden grandes bloques que son transportados por las corrientes marinas: son los hielos flotantes, témpanos o "iceberg" (palabra inglesa que significa literalmente "montaña de hielo"). En la Antártida (que es un continente helado, a diferencia del Ártico, que es un mar helado) los glaciares que se deslizan hasta el mar son los proveedores de los grandes témpanos tabulares (en forma de mesa) característicos de la zona. ¿Cuál es la razón por la cual en el invierno los hielos flotantes avanzan más hacia las latitudes subtropicales que en el verano? ¿Cuándo se torna más peligrosa la navegación: en verano o en invierno?
2. Las heladeras eléctricas o refrigeradores familiares fabrican "cubitos" de hielo y las paredes de su congelador se cubren de nieve. Periódicamente debemos hacerles el deshielo. ¿Qué ocurre entonces con el hielo que se ha formado en las cubeteras y con la nieve de las paredes del congelador?

4 Evaporación

Observaciones y experimentos

1. Dejemos un vaso o una copa con un poco de agua. ¿Cuántos días tarda en secarse?
2. Echemos la misma cantidad de agua en un plato plano o playo. ¿Se seca con mayor rapidez que en el vaso?
3. Arrojemos otra cantidad igual de agua sobre el patio embaldosado, extendiéndola lo más posible. ¿En cuánto tiempo se seca?
4. Repita las observaciones anteriores estudiando el efecto de la temperatura y el de la humedad en la velocidad de la evaporación. Planee los experimentos que deberá realizar. Este trabajo lleva tiempo y exige registros cuidadosos.





Inducciones

1. El agua se evapora a la temperatura ordinaria, y lo hace tanto más rápidamente cuanto mayor es la temperatura.
2. La evaporación es también tanto más rápida cuanto mayor es la superficie libre.
3. En los días de humedad la evaporación no se suprime; es más lenta. Si se llega a la saturación del ambiente, la cantidad de agua que se evapora se compensa con el agua que se condensa.
4. Cuando hervimos agua (ebullición) la evaporación se realiza con gran rapidez (concentración del caldo del puchero que hierve en la olla; obtención del caramelo partiendo de agua azucarada; recipiente que termina por secarse cuando se lo ha dejado olvidado sobre el fuego, etc.).

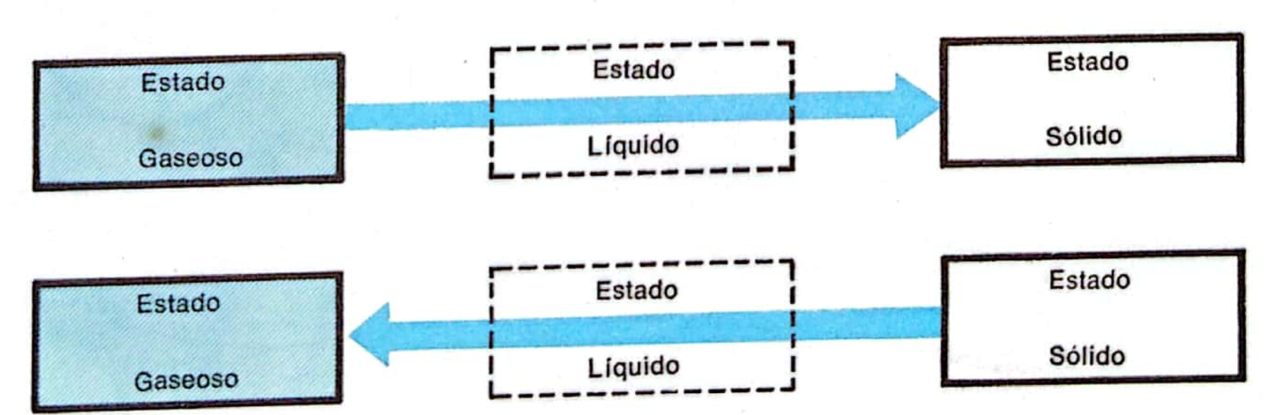
Deducciones

1. En verano, especialmente en épocas de sequía, los pequeños charcos y lagunas de poca extensión desaparecen. ¿Por qué no ocurre lo mismo con los lagos y los mares?
2. Cuando el caldo hierve mucho tiempo, se concentra y termina por consumirse.
3. El pan, el queso, las verduras, dejados al aire libre, se secan. ¿Por qué?
4. En los días muy húmedos, cuando el aire atmosférico se halla saturado de vapor de agua, los objetos mojados permanecen húmedos o empapados, las ropas no se secan, el agua no se evapora. ¿A qué se debe ello?
5. Ya dijimos que el vapor de agua es invisible y que sólo se ve cuando se condensa formando como una nube. Cuando el vapor sale a presión, se enfría más rápidamente en el aire: por eso las locomotoras, las grúas y, en menor escala, los escapes de los automóviles arrojan chorros de vapor.

5 Sublimación

Observaciones

1. Volvamos a observar las paredes del congelador de nuestra nevera o heladera eléctrica. Al poco tiempo de haberle hecho el deshielo, se cubren de una capa blanquecina muy particular. Se trata de una agrupación de pequeñísimos cristales de nieve: el vapor de agua del ambiente se ha convertido en sólido sin pasar por el estado líquido intermedio. Luego esos cristales suelen soldarse, previa fusión, formando hielo.
2. En las cimas de las altas montañas y en los casquetes polares, donde la nieve y el hielo que se forma son permanentes, la evaporación se hace directamente del estado sólido al gaseoso, sin la fase líquida intermedia.



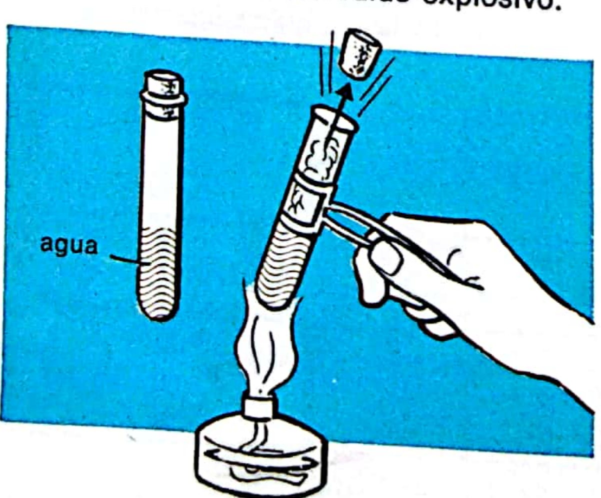
Inducciones

1. En ambos casos, es decir, cuando el agua sólida se transforma directamente en vapor, o cuando el vapor se convierte en sólido, estos cambios de estado se llaman *sublimación*.
2. Las bolitas de naftalina disminuyen de tamaño por evaporación, y terminan por desaparecer sin pasar por la fase líquida intermedia.
3. Si colocamos un poco de yodo metálico en el fondo de un tubo de ensayo, y calentamos suavemente, el yodo se deposita en la parte superior del tubo en forma de cristales (sólidos): se ha cumplido así una *doble sublimación* (del estado sólido al gaseoso y del gaseoso al estado sólido).

6 Fuerza expansiva del vapor de agua

Observaciones y experimentos

1. Coloquemos un poco de agua en un tubo de ensayo y tapémoslo con un corcho que ajuste bien.
2. Calentemos el tubo hasta que el agua entre en ebullición y, manteniéndolo sobre la llama, dejemos que el agua siga hirviendo. En un momento dado, el tapón saltará con ruido explosivo.

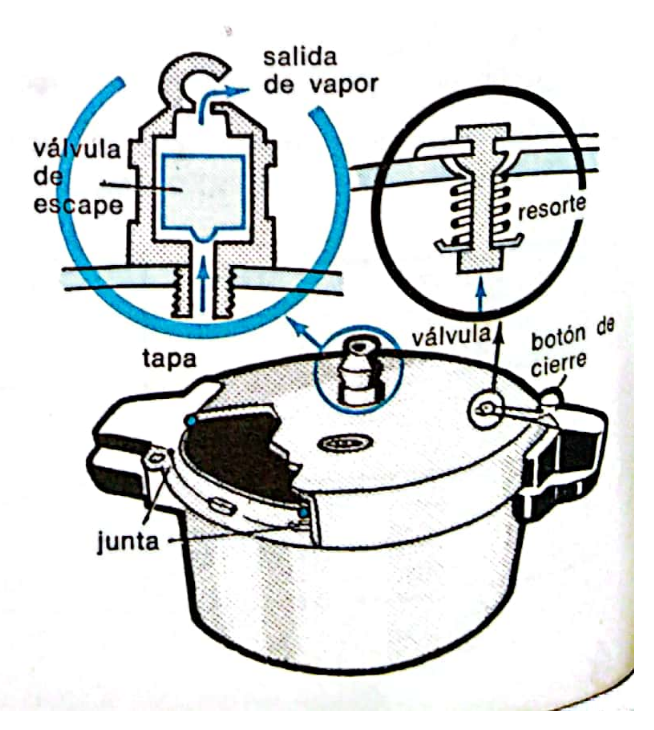


Inducciones

1. La fuerza expansiva del vapor de agua que se va acumulando en el tubo expulsa al corcho (de lo contrario, podría llegar a romper el vidrio).
2. Cuanto mayor es la cantidad de vapor acumulado en el tubo, mayor es la fuerza expansiva: un corcho poco ajustado salta antes (con menor vapor) que un tapón bien apretado.
3. Si el vapor escapa a través del corcho que no ajusta bien, el tapón no saltará.

Aplicaciones

1. La fuerza expansiva del vapor de agua se utiliza para hacer funcionar las llamadas máquinas y turbinas de vapor, como las empleadas en las "usinas" o fábricas de electricidad, en los barcos, en las locomotoras, etc.
2. Las máquinas de vapor transforman la energía térmica del vapor de agua en trabajo mecánico. Por razones de seguridad, están dotadas de válvulas de escape, que permiten la salida del vapor cuando su presión se torna peligrosa. Podemos ver estas válvulas en las ollas de presión, donde cumplen una función de seguridad.



Cuestionario

1. ¿Por qué salta y se mueve la tapa de una olla común o de una pava, cuando hierve el agua que contiene?
2. El vapor de agua, ¿es capaz de realizar trabajo?; ¿representa una energía?
3. Las máquinas de vapor, ¿sirven para transformar en movimiento la fuerza expansiva del vapor de agua?

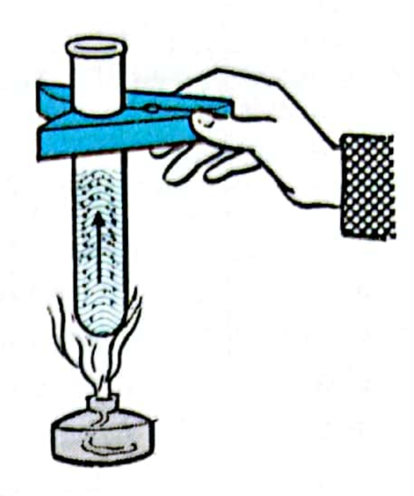
7 El agua caliente es más liviana que el agua fría

Observaciones y experimentos

1. En el fondo de un tubo de ensayo coloquemos una pequeñísima porción de un polvo inerte que no se disuelva en el agua: aserrín, carbón de leña finamente pulverizado, etc.
2. Echemos muy lentamente agua dentro del tubo, haciéndola deslizar con suavidad por sus paredes interiores, hasta llenarlo. Si las partículas de polvo se han movido del fondo, esperemos a que se asienten.



3. Sin mover el tubo, calentemos el agua. A medida que el líquido vaya aumentando su temperatura, el polvo subirá dentro del tubo, debido a que el agua caliente –que asciende– lo arrastra consigo.



Inducción

El polvillo nos ha permitido ver que la capa de agua caliente (donde está en suspensión) sube. Naturalmente, sube porque es más liviana que el resto del agua, que es más fría.

Aplicaciones

1. En los radiadores, el agua penetra por la parte inferior y sale por la parte superior.
2. En los ríos, lagos y mares, a medida que el agua se enfría, desciende, mientras el agua caliente asciende. Esto da lugar a desplazamientos verticales en el seno de las aguas.
3. A 4° C el agua alcanza su máxima densidad. Por consiguiente, por encima y por debajo de esa temperatura, el agua es más liviana.

8 El agua varía su peso según la temperaturr

Sabemos que un litro (1 dm^3) de agua pura, a 4° C de temperatura y a la presión normal, pesa un kilogramo, es decir, que su peso específico, en esas condiciones, es de 1 $\vec{kg}/dm^3$.

TEMPERATURA	PESO DE UN LITRO
0° C	0,99987 $\vec{kg}$
1° C	0,99993 $\vec{kg}$
2° C	0,99997 $\vec{kg}$
3° C	0,99999 $\vec{kg}$
4° C	**1,00000 $\vec{kg}$**
5° C	0,99999 $\vec{kg}$
6° C	0,99997 $\vec{kg}$
7° C	0,99993 $\vec{kg}$
8° C	0,99988 $\vec{kg}$
9° C	0,99981 $\vec{kg}$
10° C	0,99973 $\vec{kg}$

Pero ese peso varía, de acuerdo con lo que hemos mencionado, según la temperatura sea mayor o menor que 4° C. De un texto de Física transcribimos la tabla que nos muestra esas variaciones, en realidad pequeñísimas, aunque existentes, y que nos permite expresar estas inferencias:

a) El hielo es más liviano que el agua líquida; por lo tanto, flota en esta última. Así se explica la formación y desplazamiento de los hielos flotantes o témpanos.

b) Las aguas, por debajo de la temperatura propia de su densidad máxima (4° C), descienden y sólo se congelan en la superficie, dejando libres las aguas de las capas inferiores, donde subsiste la vida animal. El polo norte es un gran casquete de hielo que sobrenada en las aguas libres del mar Glacial Ártico. Los submarinos atómicos –el *Nautilus* lo hizo por primera vez en el año 1958–, que pueden navegar grandes distancias sin necesidad de emerger, cruzaron el casquete polar por debajo de esa capa de hielo.

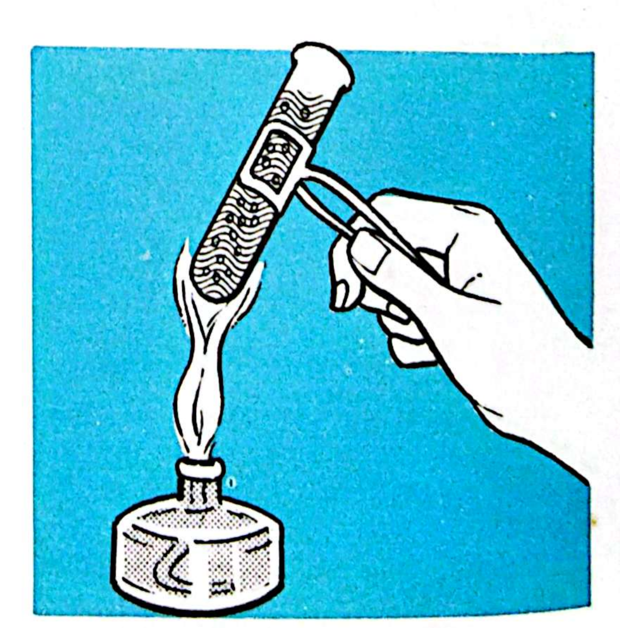
c) Cuando el agua se solidifica, su densidad disminuye, produciéndose una dilatación: 100 litros de agua se convierten en 110 dm^3 de hielo. La masa se mantiene; el peso es el mismo.

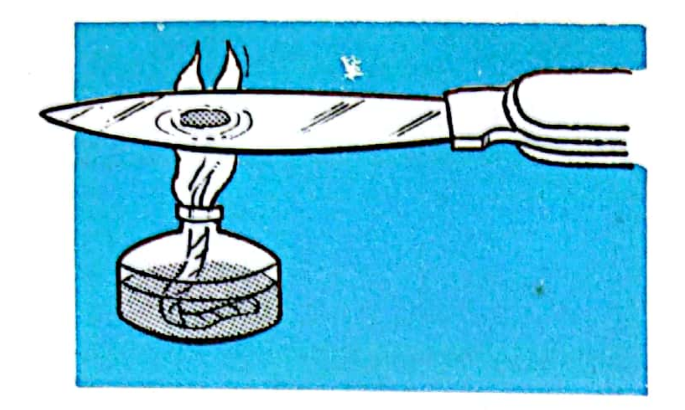
d) El agua posee algunas propiedades que la diferencian del resto de las sustancias, a punto tal que se ha dicho que, siendo una sustancia tan común, es la más rara de todas las sustancias que existen en la Tierra.

9 El agua contiene aire disuelto

Pongamos un poco de agua en un tubo de ensayo y calentémosla suavemente en la llama de una lámpara de alcohol. Si observamos con atención, veremos que antes de hervir se desprenden numerosas burbujas de aire. Pero no confundamos estas burbujas de aire con otras, mucho más abundantes, que con rapidez se forman cuando el agua hierve: estas últimas son de vapor de agua.

El agua contiene aire en disolución (y, por lo tanto, oxígeno, nitrógeno y los demás componentes del aire atmosférico), y ese aire es el que se desprende en forma de burbujas en la fase previa a la ebullición. Los peces y otros organismos acuáticos, inclusive los vegetales, utilizan el oxígeno disuelto en el agua para respirar.





y disminuye a unos 8 g en el Báltico, mar muy cerrado en el cual desaguan ríos de gran caudal de agua dulce.
El agua de los ríos, en cambio, sólo contiene de 0,1 a 0,5 g de sal por litro. Por encima de este último valor, las aguas continentales dejan de ser potables. Hay lagos y lagunas de agua salada cuya concentración es mayor que la del agua de mar. ¿Cómo se explica?

10 El agua contiene sales en disolución

Sobre la hoja de un cortaplumas muy limpio y brillante, dejemos caer una gotita de agua. Si la calentamos hasta que se evapore totalmente, observaremos que queda un residuo.
Hagamos la misma prueba con agua salada, y veremos que el residuo es mucho más notable. Repitamos la experiencia con agua de un pantano, con agua de pozo, con agua sucia, etc., y no es difícil que podamos observar distintas clases de residuos.
El agua disuelve muchas sustancias. Gracias a ello las plantas pueden tomar su alimento, absorbiendo mediante las raíces las sustancias que el agua de lluvia o de riego disuelve al penetrar en el suelo. Del mismo modo, el agua de pozo casi siempre contiene gran cantidad de sales (bicarbonatos y sulfatos de calcio) que forman el sarro que se acumula poco a poco en los recipientes donde se hace hervir, y que es particularmente visible en el pico de las pavas. Esas sales no permiten lavar bien la ropa, pues "cortan" el jabón.
El agua de mar es salada y amarga debido a las diversas sales que contiene en disolución (cloruro de sodio y sulfato de magnesio). La *salinidad* oscila alrededor de 35 g por litro, como término medio, aunque alcanza a unos 45 g en el mar Rojo (donde la evaporación es mayor debido al calor),

11 El agua se congela a cero grado centígrado

Si en un vaso con hielo machacado dentro, introducimos un termómetro (que no sea clínico o para tomar la fiebre, pues su escala no es la adecuada), y agregamos más hielo, por mucho tiempo que dejemos el instrumento, su columna mercurial marcará siempre cero grado centígrado (0° C), *punto de congelación* del agua pura (agua destilada).
Ya lo hemos visto anteriormente: cuando el agua se enfría y alcanza ese punto, se congela, esto es, pasa del estado líquido al sólido, se transforma en hielo. Por arriba de cero grado el hielo se funde o derrite, y el agua vuelve al estado líquido.
Es muy fácil fabricar un poco de hielo, valiéndonos del procedimiento empleado en el primer experimento de este capítulo. La *nieve carbónica* o *hielo seco,* que es un excelente refrigerante por su temperatura de 79° C bajo cero, congela pronto el agua. Más lentamente, podemos obtener cubitos de hielo con una nevera eléctrica.
Si colocamos uno de esos cubos en un recipiente con agua, comprobaremos nuevamente que flota, emergiendo sólo una décima parte de su volumen. Es interesante hacer la misma experiencia con agua salada y con una bebida alcohólica de alta graduación. En todos los casos, ¿el cubito de hielo emerge en igual proporción?, ¿dónde flota más?, ¿dónde menos? ¿Estas

observaciones le permitirían conocer la densidad del líquido?

12 El agua hierve a cien grados centígrados

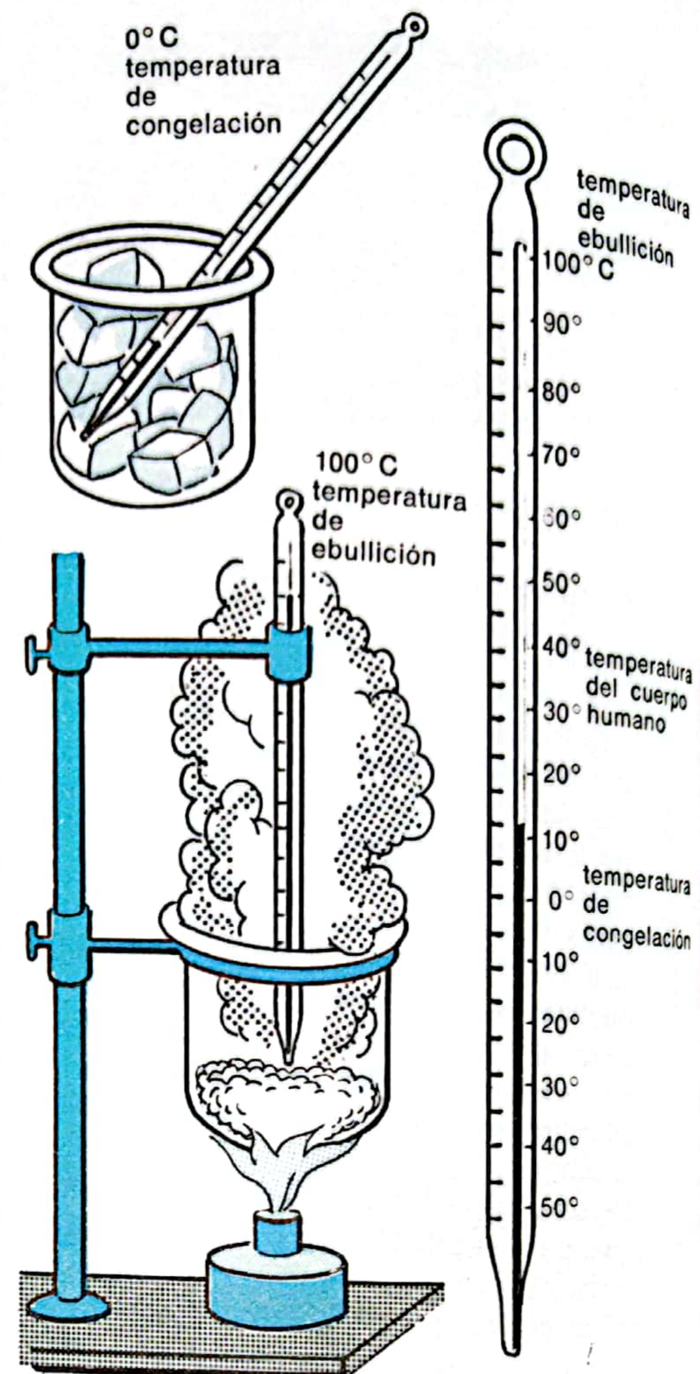
Hagamos hervir agua en un recipiente cualquiera, e introduzcamos en él un termómetro, sosteniéndolo con una pinza o broche de modo que quede sometido solamente a los vapores que se desprenden del agua. La columna mercurial subirá rápidamente, deteniéndose en los cien grados centígrados (100° C). Esta temperatura representa el *punto de ebullición* del agua.

Resulta importante repetir aquí que *no siempre* el agua hierve a 100° C. Las observaciones realizadas a diferentes alturas (y por consiguiente, a distintas presiones atmosféricas) permiten afirmar que el punto de ebullición del agua, al aire libre, varía en forma apreciable con la presión. Por ejemplo, a 4 000 metros de altitud sobre el nivel del mar, como puede ser la cima de una montaña o una altiplanicie, el agua hierve antes de alcanzar los 100° C de temperatura. En la ciudad de La Paz, capital política de Bolivia (4 089 m en su estación de El Alto), el punto de ebullición es de 86° C.

El agua hierve, pues, a los 100° C sólo al nivel del mar. Las ollas de presión o autoclaves cumplen su cometido en dos formas:

a) Cuando la presión es menor –como ocurre en las alturas– dentro de dichos aparatos se consigue la presión normal (y aún más), con lo cual el agua hierve por lo menos a 100° C.

b) Cuando la presión atmosférica es normal, en el interior de las ollas o autoclaves se logra una presión superior y, al aumentar el punto de ebullición, el agua hierve a mayor temperatura, acelerando el proceso de cocción de los alimentos o asegurando, en la autoclave, la esterilización de los instrumentos.



Recordemos, de paso, que conociendo el punto de ebullición del agua en un lugar geográfico cualquiera, se puede establecer su altitud sobre el nivel del mar. Los hipsómetros son los instrumentos que permiten medir esa altitud en función de la temperatura en que comienza a hervir el agua.

13 Diferencia entre ebullición y evaporación

Un charco de agua, las ropas mojadas puestas al aire libre, el techo mojado por la lluvia, terminan por secarse al cabo de algún tiempo. El agua que contienen se evapora, es decir, pasa del estado líquido al gaseoso o de vapor.

En la ebullición, el agua también pasa al estado gaseoso y si hierve durante suficiente tiempo, el recipiente se seca.

¿Existe alguna diferencia entre estos dos fenómenos? En la evaporación, el agua se transforma en vapor *lentamente* y a la *temperatura ambiente* o normal. En la ebullición, esa transformación se realiza *turbulenta y rápidamente* y a una *temperatura de 100° C,* al nivel del mar.

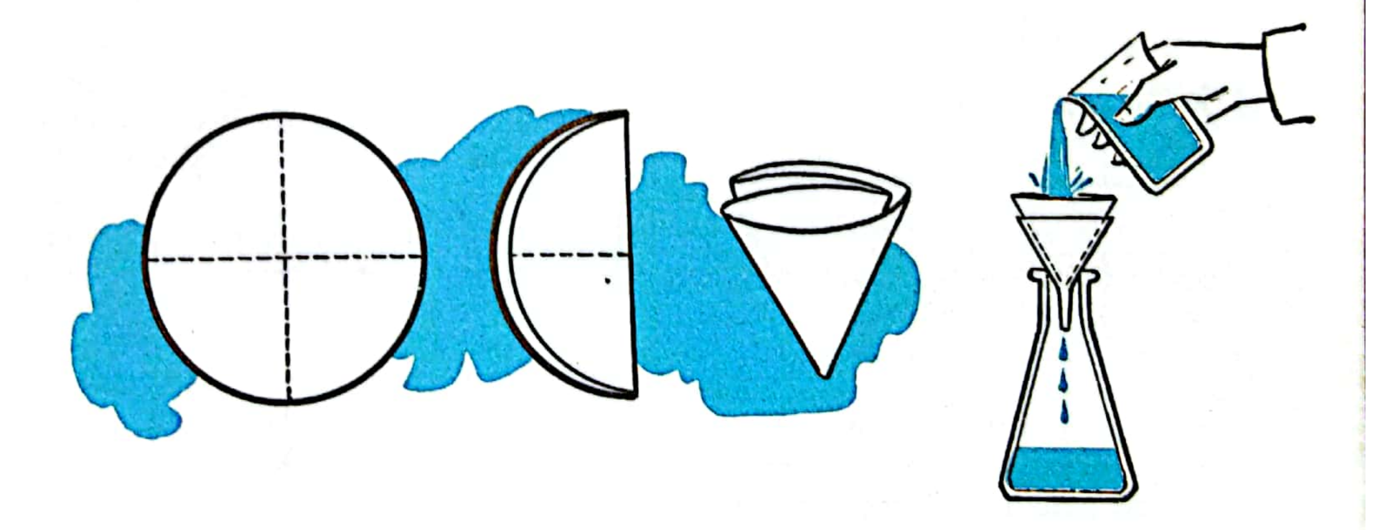
14 Agua filtrada

Observaciones y experimentos

1. Armemos un filtro de papel. El papel de filtro se compra en las farmacias y droguerías; viene cortado generalmente en forma circular. Siguiendo las instrucciones gráficas, formemos un cono con ese papel.
2. Apliquemos el cono a las paredes interiores de un embudo.
3. Con unas gotas de tinta roja coloreemos un poco de agua: se forma una solución límpida y homogénea. Filtremos el líquido vertiéndolo sobre el papel de filtro. El agua pasa coloreada y sobre el papel de filtro no queda depósito alguno, lo que significa que la tinta no ha sido retenida por el filtro. Los poros del papel permiten el paso del agua y del colorante.
4. Con otro papel filtremos un poco de agua salada o azucarada. ¿Qué gusto tiene el agua filtrada? ¿Pasó la sal o el azúcar a través del filtro?
5. En un frasco cualquiera, con agua, echemos un poco de tierra. Al agitar la mezcla, el líquido se enturbiará. Filtremos. Aunque en el papel quedan muchas partículas terrosas, el líquido que pasa no es límpido.
6. Mezclemos arena (previamente lavada) con agua. Agitemos bien. Si filtramos, pasará agua límpida, mientras toda la arena es retenida por el papel de filtro.

Inducciones

1. El filtro retiene las partículas e impurezas groseras que se encuentran en suspensión en el seno de un líquido.



2. El filtro no retiene las sustancias disueltas en el líquido. Cuando se trata de agua, no basta filtrarla para obtenerla pura.

Aplicaciones

1. La arena y el carbón se utilizan como filtros para librar al agua de muchas de sus impurezas. En las grandes ciudades, los servicios de aguas corrientes o de obras sanitarias tienen instalaciones en las que se filtran las aguas a través de capas de arena, para eliminar sus gruesas impurezas. Luego se las somete a una purificación química.

2. Cuando los poros de los filtros son muy diminutos –como ocurre con las denominadas bujías de Chamberlain–, dichos filtros se emplean para impedir el paso de bacterias y gérmenes muy pequeños que puede contener el agua.

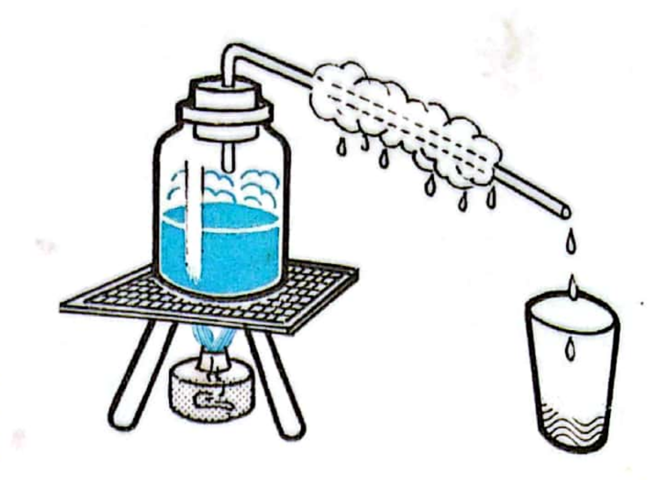
3. La filtración puede acelerarse sometiendo el líquido a una fuerte presión, en los llamados *filtros-prensas*, o haciendo un *vacío parcial* debajo del filtro (filtros al vacío).

4. En nuestras casas recurrimos al filtrado cuando, por ejemplo, preparamos café. La industria de la alimentación lo emplea en la fabricación de aceite, vino, cerveza, etc.

15 Agua destilada

Observaciones y experimentos

Necesitamos un frasco de boca ancha, un tapón de goma que ajuste bien y que tenga un orificio por donde pasará un tubo de vidrio acodado. Complementariamente, precisamos una lámpara de alcohol, un trípode con alambre tejido para apoyar el frasco, un vaso para reçoger el líquido destilado y algodón con el que rodearemos el tubo de vidrio.



1. Coloquemos agua muy salada en el frasco, agregándole unas gotas de tinta roja para colorearla.

2. Calentemos hasta la ebullición y mantengamos el hervor con calor suave.

3. Observemos que en la parte superior del frasco comienza a acumularse el vapor que se desprende del líquido calentado. Mojando el algodón con agua fría, proporcionaremos refrigeración al tubo de vidrio por donde tiende a escapar el vapor.

4. En contacto con la pared fría del tubo, el vapor de agua se condensará y el agua irá cayendo en gotitas cristalinas sobre el vaso.

5. Cuando hayamos recogido suficiente cantidad, probemos sin temor el agua obtenida: es limpísima e insípida. No quedan en ella rastros de la sal y del colorante que le agregamos antes de comenzar la experiencia.

Inducción

En esta forma habremos obtenido *agua destilada*, químicamente pura.



Deducciones

1. Destilando el agua de mar, se produce agua pura y potable, es decir, apta para beber. Existen, sin embargo, otros procedimientos más cómodos para desalinizar (y potabilizar) el agua de mar en grandes cantidades, para satisfacer las necesidades de una población costera.

2. Es muy común en el campo recoger el agua de las precipitaciones pluviales, conservándola en aljibes y cisternas. Se trata de una práctica particularmente útil en zonas donde hay escasez de agua o donde ésta es muy salobre. El agua de lluvia se usa para beber y para lavar la ropa.

3. El agua de lluvia proviene de la evaporación del agua del mar, de los ríos y lagos, de los pantanos... Sin embargo, es muy pura. ¿Por qué? ¿Cuándo se produce la destilación?

4. El agua destilada tiene diversos usos: se emplea para preparar medicamentos, en baterías de automóviles, en trabajos de laboratorio, etc.

16 Diferencia entre el agua filtrada y el agua destilada

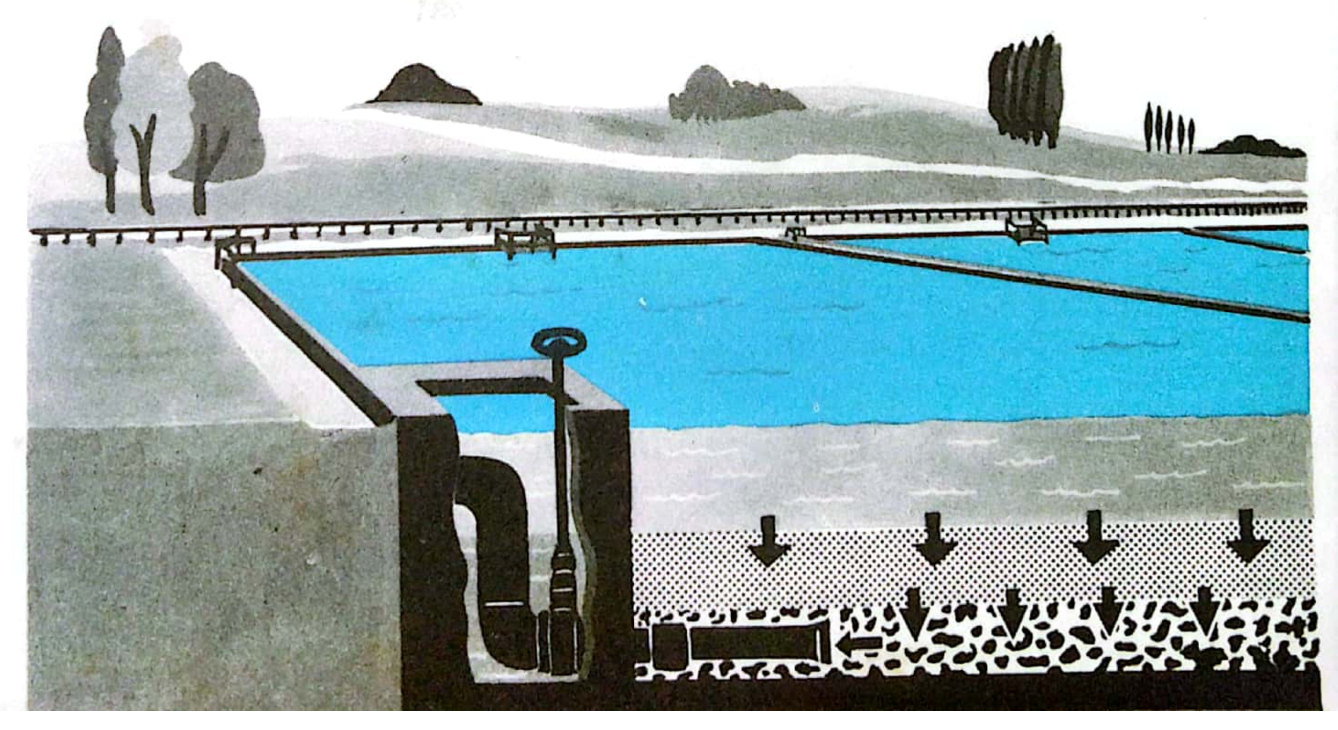
Luego de los experimentos anteriores, resulta fácil advertir que no es lo mismo agua destilada que agua filtrada.

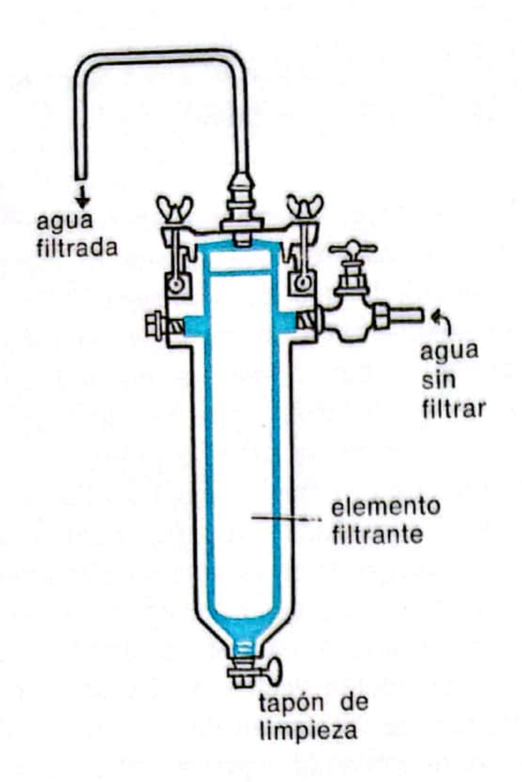
Si se destila agua de mar o agua salada de cualquier otro origen, se obtiene agua pura; si se la filtra, sigue conteniendo la misma cantidad de sal que antes.

Esto explica por qué el agua de lluvia es "dulce" (en realidad, insípida), y muy pura si se la recoge antes de que se contamine con el suelo. La evaporación es un verdadero proceso natural de destilación. Pero el agua recién destilada, si bien es potable, carece de aire en disolución; de allí que se recomienda agitarla antes de beberla; al agitarla, pequeñísimas partículas de aire se incorporan a su masa líquida.

El agua que tomamos generalmente tiene distintas procedencias. El agua de pozo, que se consume preferentemente en las zonas rurales, contiene siempre bastante cantidad de sales y muchas veces es inapta para ser bebida y aun para usos industriales. El agua corriente de las grandes poblaciones ha sido previamente filtrada y

Corte esquemático de un filtro de agua del tipo utilizado en las ciudades. El agua después de un proceso de decantación mediante el reposo pasa a estos filtros formados por capas sucesivas de grava y arena.





purificada, pero sigue conteniendo cierta cantidad –relativamente muy pequeña– de sales en disolución, razón por la cual no es rigurosamente insípida.

El agua de consumo en las ciudades modernas ofrece un alto grado de seguridad con respecto a su potabilidad, sin embargo sería prudente filtrarla en cada casa para eliminar las impurezas que suelen acumularse en las cañerías.

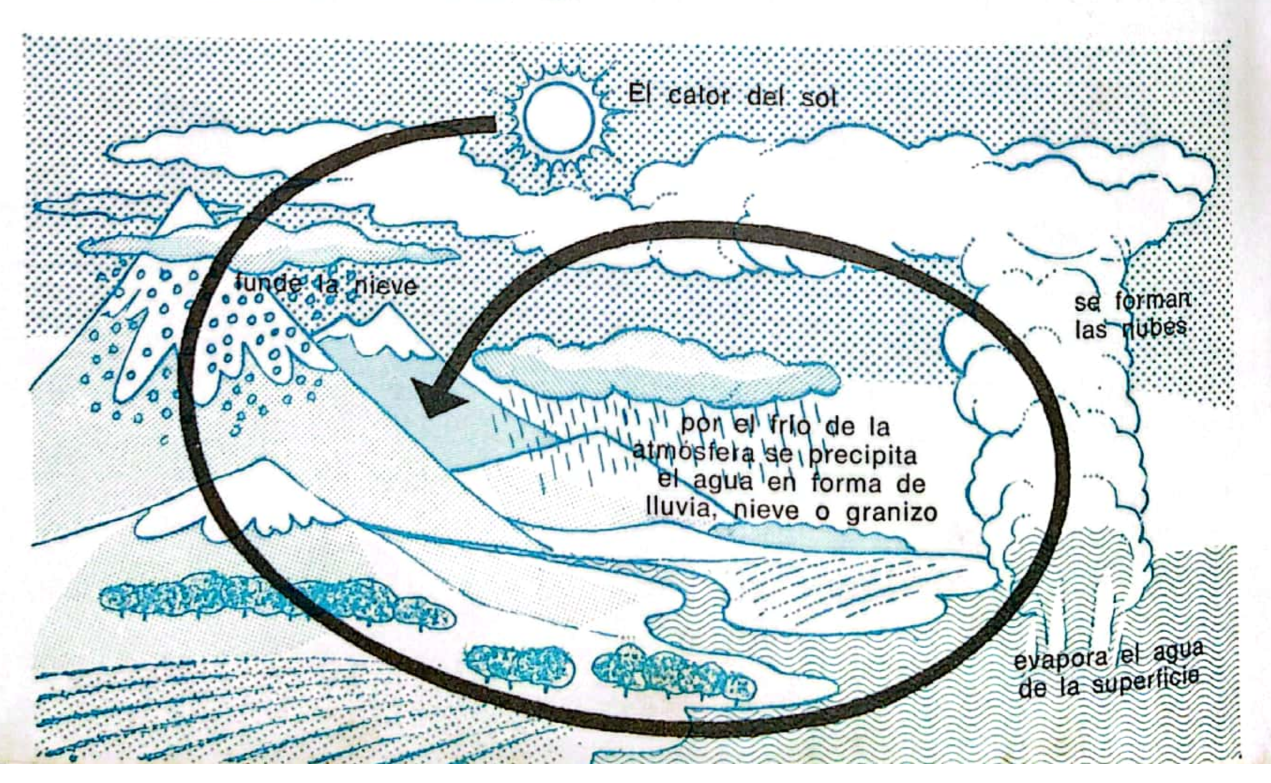
17 El ciclo del agua en la naturaleza

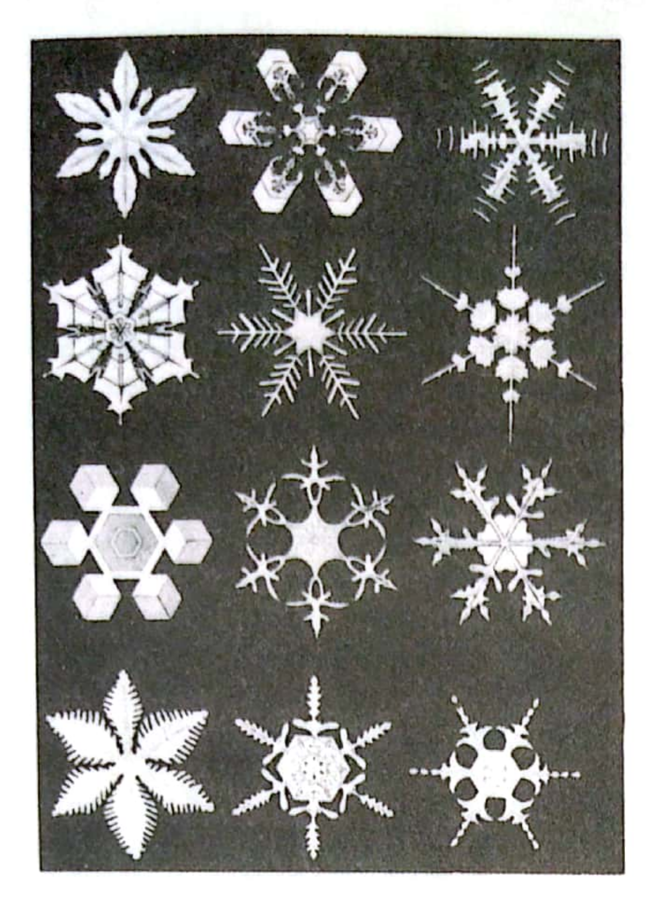
El agua de los mares, de los lagos y de los ríos, calentada por el Sol, se evapora continuamente y carga el aire de vapor de agua. Éste asciende por ser más liviano que el aire y, al encontrar zonas frías, se condensa en pequeñas gotitas de agua líquida, que permanecen en suspensión debido a su pequeñísimo tamaño, formando así las nubes.

Las lluvias y las nevadas devuelven a la superficie de la Tierra el agua que el Sol evaporó. El agua vuelve, pues, a su punto de partida, reiniciándose el proceso. Estas transformaciones sucesivas no se interrumpen jamás, constituyendo lo que se ha llamado el ciclo del agua en la naturaleza.

Durante la noche el suelo se enfría, y el vapor de agua se condensa sobre los objetos fríos, dando origen –como ya lo hemos dicho– al fenómeno del rocío: al amanecer, los pastos están mojados, los patios húmedos, los árboles y los techos gotean agua . . . Si el frío es intenso, el agua de los charcos, de los sumideros y de las alcantarillas se solidifica convirtiéndose en hielo: la escarcha los cubre. El sereno o relente es también otra forma de condensación del exceso de vapor de agua del aire.

Esquema del ciclo del agua en la naturaleza.





Cristales de nieve.

18 La nieve y el hielo

El hielo es compacto, consistente, rígido, duro; su densidad es 0,91. La nieve, por el contrario, es esponjosa, suelta, blanda, y su densidad es 0,25. El primero es cristalino, transparente; la segunda es blanca, opaca. Mientras el hielo no puede moldearse con las manos, la nieve sí. Cuando nieva, los muchachos suelen entretenerse haciendo grandes muñecos de nieve y arrojándose –sin riesgo de lastimarse– bolas de nieve: una y otra cosa serían imposibles de realizar con hielo. En la nieve, nuestros pies se hunden; en el hielo, resbalan, patinan.

Sabemos que el hielo es agua congelada, agua en estado sólido. Y la nieve, cuyas características son tan distintas, ¿qué es?

La nieve es agua en estado sólido, que cae en forma de copos blandos y livianos, constituidos por millares de cristales hexagonales de formas distintas entre sí y que no sobrepasan el décimo de milímetro. La nieve pasa directamente del estado gaseoso al sólido (sublimación); el hielo proviene de la congelación del agua.

En una heladera eléctrica, se forma nieve alrededor del congelador; es blanca y pulverulenta. En las cubeteras, se forma hielo.

La nieve debe su blancura al aire que encierran los copos, pues ese gas ocupa el espacio que queda entre los cristalitos, y le otorga su característica esponjosidad. Si observamos una barra de hielo industrial, veremos en ella un eje central blanquecino, debido también al aire que tiene en esa parte.

La nieve que cae en las altas montañas y la que se precipita sobre las zonas polares, se acumula en forma de nieve persistente, pues el intenso frío de esas regiones le impide derretirse. Bajo la presión de su propio peso, la nieve se funde parcialmente y se vuelve a cristalizar constituyendo una masa de hielo cada vez más compacta. La nieve, transformada así en hielo, se desliza lentamente por los valles, arrastrando las grandes piedras que encuentra en su camino, y puliendo las rocas que sirven de lecho y de paredes laterales a estos enormes ríos de hielo llamados *glaciares*.

Glaciar.



La nieve y el hielo sometidos a elevada presión son plásticos y pueden moldearse. La nieve necesita menos presión para ello, como lo prueban los muñecos y las bolas de nieve a que hemos aludido anteriormente. El hielo precisa una presión mucho mayor, como sucede con los glaciares que, al avanzar lentamente, se comportan como una sustancia plástica, pastosa. La presión sobre el hielo es causa de que una parte del mismo se funda (porque desciende momentáneamente la temperatura de fusión) y permita así el deslizamiento paulatino.

Coloquemos una barra de hielo (o un trozo grande) sobre una mesa o una escalerilla, y en la cara superior de la barra apoyemos un alambre, de cuyos extremos cuelguen dos objetos pesados. Observaremos que el alambre irá pasando a través de la barra de hielo, sin dividirla, hasta atravesarla por completo y caer. Este fenómeno se llama *rehielo* y demuestra también la plasticidad del hielo. Se lo observa también cuando los trozos de hielo puestos en el baldecillo para servirlos, se sueldan y se pegan entre sí.

Debido a la presión que ejerce el alambre, el hielo se funde en la línea donde aquél lo toca, porque allí el punto de fusión es menor. El agua de fusión llena el espacio que queda entre las dos partes separadas, pero en seguida se vuelve a congelar soldando ambos trozos.

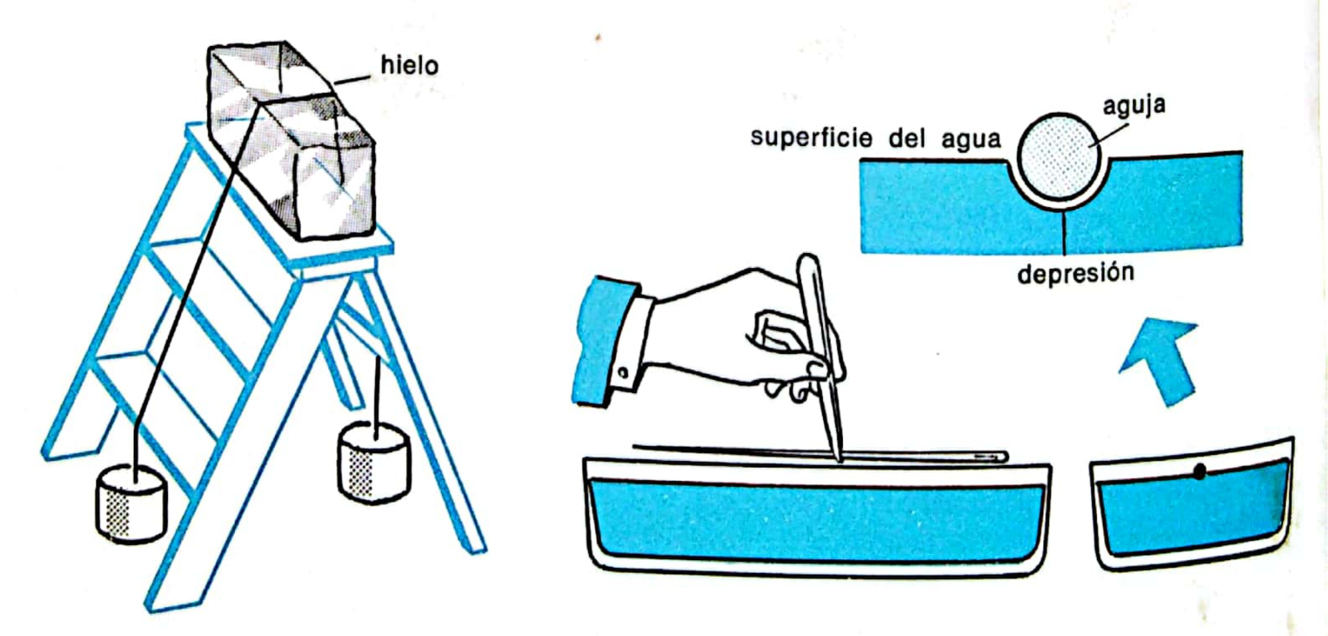
Volviendo al origen de la nieve, cuando una nube tempestuosa deja caer sus microcristales de hielo, éstos se reúnen, se recubren de nuevas capas de agua. Al ascender nuevamente, impulsadas por las corrientes de turbulencia propias de dichas nubes, los pequeños cristales se vuelven a congelar, creciendo su tamaño por sucesiva acumulación de capas de hielo. De este modo, caen finalmente en forma de "piedras" o *granizo.*

19 Tensión superficial

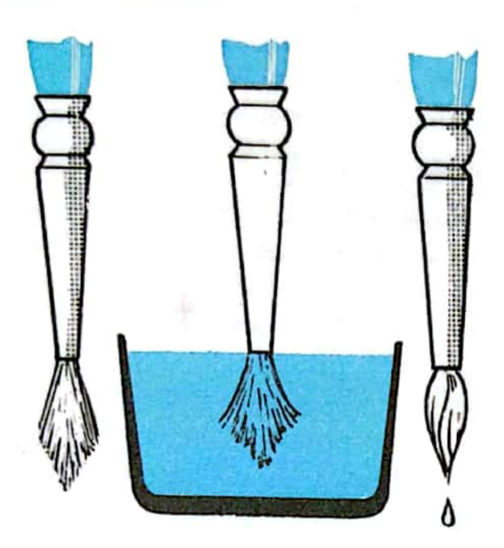
Observaciones y experimentos

1. Sobre la superficie del agua de un recipiente cualquiera apoyemos suavemente una aguja común, de acero. Increíble: ¡el acero flota en el agua! Podemos repetir la prueba con una hojita de afeitar, colocándola sobre un trocito de papel absorbente (papel secante, por ejemplo); al empaparse, el papel se hundirá, pero la hojita de afeitar quedará sobrenadando.

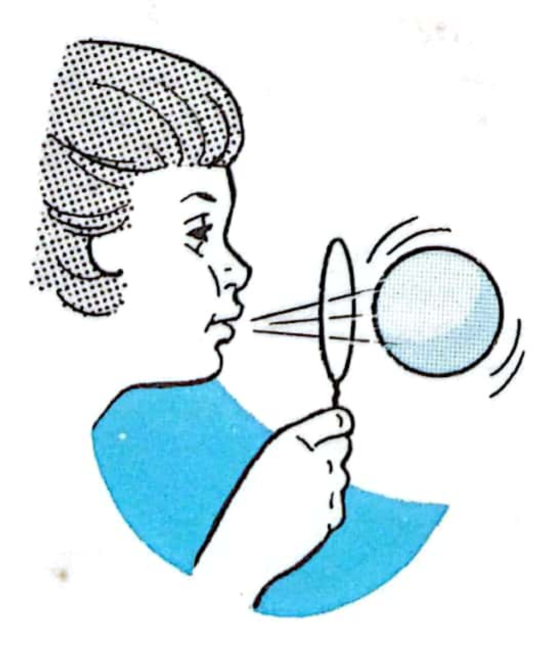
El alambre corta el hielo, luego por efectos del rehielo el corte se suelda nuevamente.



2. Introduzcamos un pincel en el agua de un recipiente: sus pelos se separan aún más que estando secos; quedan unidos, sin embargo, al retirar el pincel del agua. Ocurre lo mismo cuando nos peinamos habiéndonos mojado previamente el cabello.

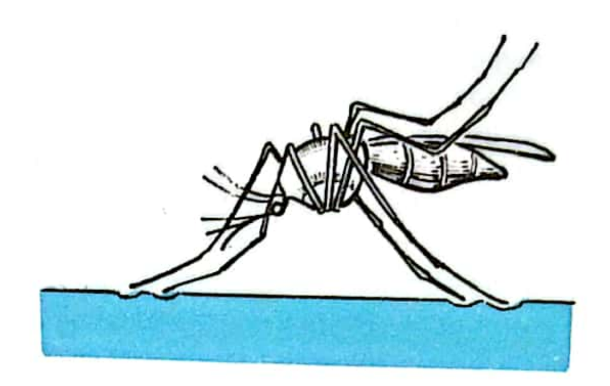


3. En un recipiente con detergente o agua jabonosa sumerjamos un aro de alambre. Al retirarlo, observaremos que una delgadísima capa líquida forma un círculo dentro del aro. Sacudamos éste enérgicamente o –mejor– soplemos sobre dicha membrana: se desprenderá una pompa de jabón. Parte del aire que soplamos queda aprisionado por la membrana, que toma una forma perfectamente esférica.



Inducciones

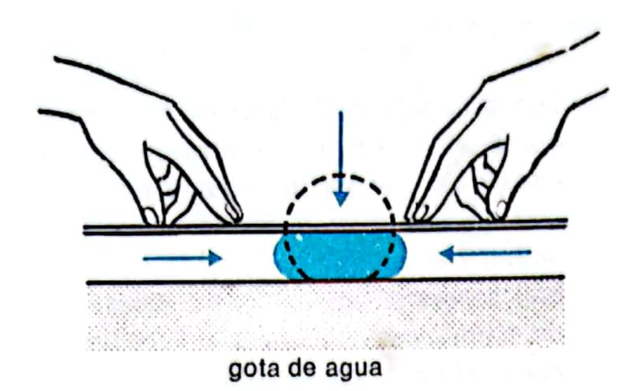
1. Sobre la superficie libre de todo líquido, en la zona de separación con el aire, las moléculas de aquél se mantienen unidas, formando una especie de película elástica que resiste la presión que se ejerce sobre ella. Esa especie de membrana, debida a la *tensión superficial* del líquido, es la que evita que se hunda la aguja o la hojita de afeitar.



Esto nos explica por qué las arañas, los mosquitos y otros artrópodos caminan sobre el agua, cuya tensión superficial es elevada. Pruebe con otros líquidos (agua salada, bencina, alcohol, glicerina) si puede hacer flotar la aguja. ¿Qué le indican sus resultados?

2. La tensión superficial actúa de modo que tiende a reducir al mínimo la superficie libre (la que está en contacto con el aire) de los líquidos. Por eso, cuando una canilla gotea, antes de desprenderse cada gota, éstas se asemejan a saquitos piriformes (en forma de pera). Igualmente, si sobre un mantel




gota de agua

de malla muy fina o sobre un papel encerado salpicamos un poco de agua, se forman gotitas esféricas. La resistencia de la película elástica que las rodea es tal, que con cuidado podemos aplastar esas gotitas sin desparramar el agua que contienen: vuelven a su forma esférica. Con el aceite y el mercurio, por ejemplo, es más fácil obtener gotas esféricas y poder aplastarlas.

3. La esfera es el cuerpo que –proporcionalmente– abarca mayor volumen dentro de la menor superficie. Las gotas de agua, aceite o mercurio tienden a tomar esa forma, que es la más resistente, de igual modo que las pompas de jabón son esféricas: encierran la mayor cantidad posible de aire con la menor superficie *líquida*.

4. Los pelos del pincel se unen –como se unen nuestros cabellos mojados– porque las películas líquidas que se forman entre pelo y pelo se contraen debido a la tensión superficial.

Aplicaciones

1. Las tensiones superficiales de los líquidos son pequeñas, como lo prueba el hecho de que podemos quebrar muy fácilmente esa membrana que se forma en la superficie libre (no se necesita esfuerzo alguno para hundir la aguja que flota en el agua o para romper una gota de agua). Más fácil aún es hacerlo con el alcohol, cuya tensión superficial mide menos de la tercera parte de la del agua.

2. Cada líquido, pues, tiene un valor distinto de tensión superficial, y ésta puede medirse. La tensión superficial del mercurio es 6 veces mayor que la del agua; por eso cuando se nos rompe un termómetro, el mercurio que cae forma gotitas o bolitas, de diferentes diámetros, muy difíciles de "destruir".

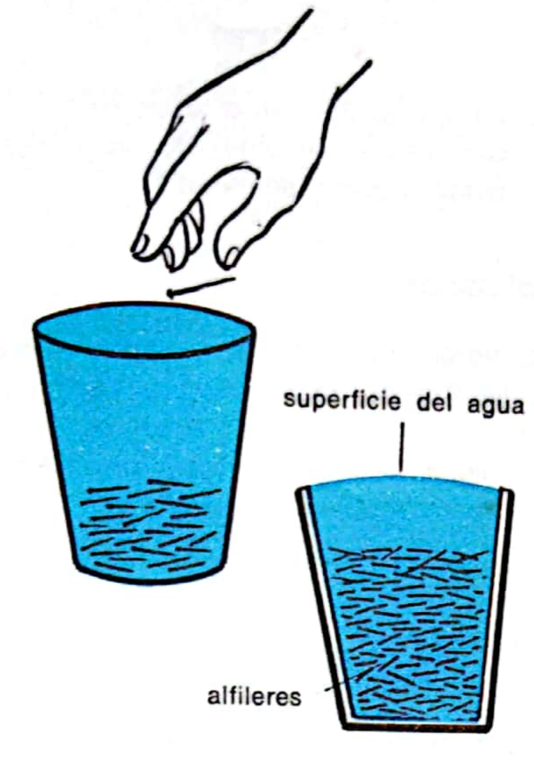
3. El agregado de ciertas sustancias modifica el valor de la tensión superficial de un líquido, como ocurre con el jabón o el detergente que se añade al agua. Las grasas, difíciles de mojar, se mojan y son arrastradas fácilmente con agua que contiene detergente, propiedad ésta que se utiliza en el lavado y limpieza.

4. La *bilis,* al volcarse en el intestino, modifica la tensión superficial de las grasas que ingerimos y, al determinar su emulsión, facilita la acción de los fermentos lipolíticos (lipasas) contenidos en los jugos digestivos.

5. Para fabricar municiones se deja escurrir el plomo derretido por un pico; al caer desde gran altura, se forman gotas esféricas y ya solidificadas; se reciben en agua para enfriarlas.

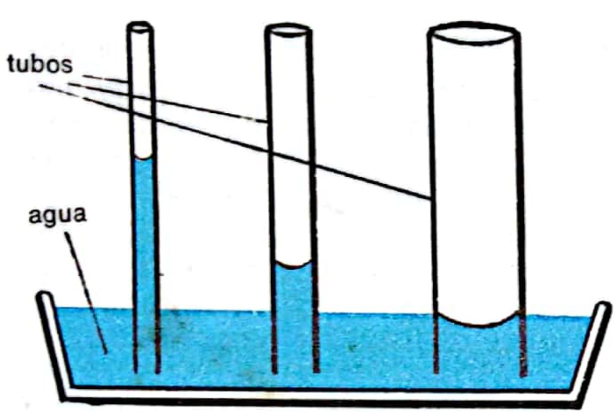
6. Se pueden tejer cestos de paja que no dejan pasar el agua; la membrana de tensión superficial que se forma sobre los pequeños intersticios impide la salida del agua.

7. ¿Cuántos alfileres caben en un vaso lleno hasta el borde?
Tomemos un vaso (o una copa) y llenémoslo con agua, al ras, a punto de desbordar.
Echemos en el agua un alfiler dejándolo caer de punta, con toda suavidad. ¿Qué pasa? Echemos otro . . . y otro . . . y muchos más. Nos asombraremos, sin



duda, al comprobar la increíble cantidad de alfileres que entran en el vaso, sin que derrame el agua.

Si el agua no puede comprimirse, ¿cómo caben tantos alfileres sin que desborde el líquido? La respuesta es muy simple: debido a la tensión superficial, el agua va sobresaliendo poco a poco, combándose su superficie libre. Se forma así un "espacio suplementario" en la parte superior del vaso, que equivale exactamente al volumen de todos los alfileres que hemos echado en el agua.



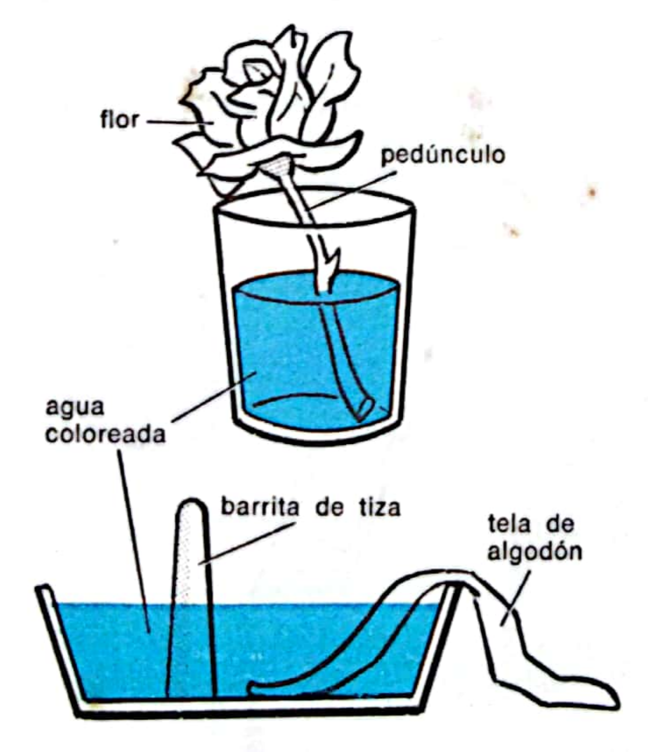
20 La capilaridad

Observaciones y experimentos

1. Tomemos varios tubos de vidrio de distinto diámetro y sumerjámoslos verticalmente en el agua de un recipiente. Observaremos que, dentro de los tubos, el agua alcanza diferentes niveles. Miremos con más atención y detalle: la superficie libre del agua en esos diversos niveles, ¿es completamente horizontal?

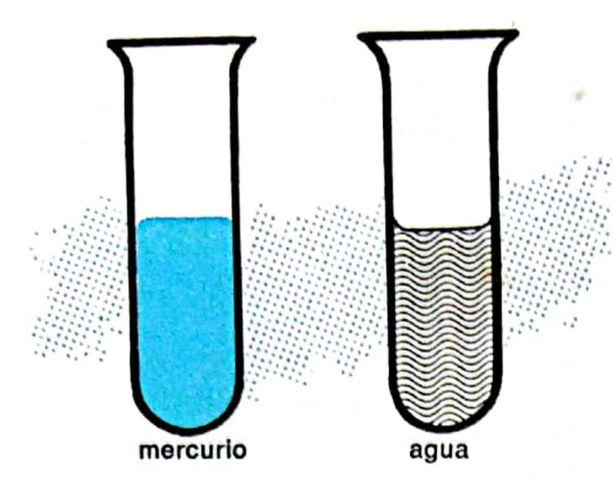
2. Con unas gotas de tinta roja coloreemos el agua de un vaso, y coloquemos dentro de él una flor blanca, de modo que su tallito (pedicelo o pedúnculo) quede sumergido. Al cabo de algunas horas, ¿qué color toma la flor?

3. Hagamos lo mismo con una barrita de tiza blanca y con un trozo de tela de algodón, poniendo sólo una parte de ellos en contacto con el agua coloreada. ¿Les sucede como a la flor?



Inducciones

1. En el interior de los tubos, el agua asciende en proporción inversa al diámetro de cada uno de ellos, esto es, sube más en el tubo muy delgado o *capilar*



(del latín *capillus* = cabello), mientras apenas asciende en el tubo de mayor diámetro.

2. En contacto con las paredes del tubo, el agua no es absolutamente horizontal, sino que *sube* un poco. Esto sucede siempre que el líquido moje el vidrio, pero no en caso contrario. En efecto, si un líquido –como el mercurio– no moja el vidrio, la parte que está en contacto con las paredes interiores, *baja*.

3. En la flor, el agua coloreada ha ido subiendo desde el pedicelo hasta los pétalos, dándoles un tinte rojizo a estos últimos. El agua ha ascendido a través de unos conductos de diámetro sumamente pequeño, microscópico, llamados *vasos*. Son los que conducen la savia ascendente, que obran por capilaridad, como el tubo de vidrio más delgado de la experiencia anterior.

4. La barrita de tiza, el trozo de tela, las esponjas, el secante, etc., se embeben también por capilaridad.

Aplicación

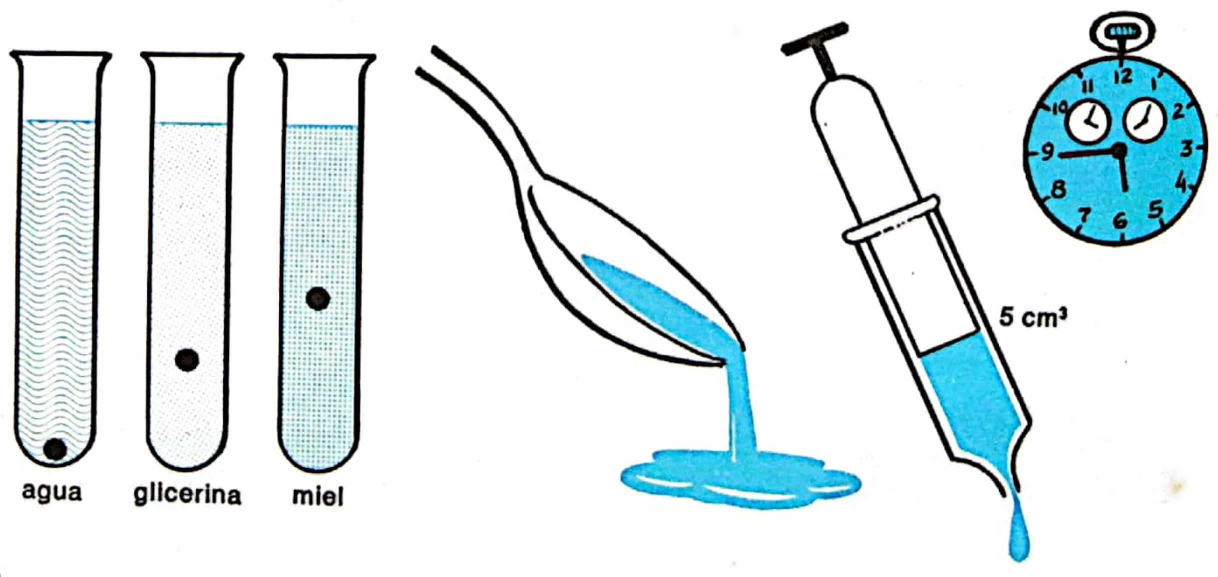
Las flores arrancadas de la planta se mantienen frescas, marchitándose con mayor lentitud, si las colocamos en un florero con agua. Por capilaridad absorben el agua y las sustancias que ella contiene.

21 La viscosidad

Observaciones y experimentos

1. Llenemos, hasta una misma altura, tres tubos de ensayo: uno con agua, otro con glicerina y otro con miel. Con ayuda de algún amigo, dejemos caer en cada uno de ellos –al mismo tiempo– una bolita de acero o de plomo. ¿En cuál de los tubos la bolita llega primero al fondo?

2. Llenemos al ras sendas cucharas de sopa, con agua, con aceite, con leche condensada y con dulce de leche. Vayamos inclinándolas, una a una, y observemos cuál es la sustancia que se escurre más lentamente y cuál lo hace con mayor rapidez.



3. Mediante una jeringa hipodérmica –sin aguja– absorbamos 5 cm^3 de agua y, al vaciarla, calculemos los segundos que tardamos en cumplir esta última tarea. Repitamos la prueba, primero con aceite y luego con alcohol. Anotemos los datos de estas observaciones.

Inducciones

1. Los líquidos ofrecen resistencia a los cuerpos que se mueven en su seno, como también la ofrecen los gases, es decir, todos los fluidos. En nuestro primer experimento el agua ofrece menor resistencia, por eso la bolita llega más rápidamente al fondo. La miel, más *viscosa,* opone mayor resistencia.
2. Cuando los líquidos se mueven en la cuchara, se produce un rozamiento entre sus diversas capas y con las paredes del pequeño recipiente. Pero no todos los líquidos se mueven con igual velocidad, razón por la cual el dulce de leche cae más lentamente que el agua o el aceite. Cuanto mayor es la viscosidad, más lento es el desplazamiento del líquido.
3. Lo mismo sucede cuando el líquido se mueve dentro de un tubo, como ocurre con la jeringa hipodérmica. La medida del tiempo nos prueba que el agua y el alcohol, aparentemente igual en lo que respecta a esta característica, tienen una viscosidad notoriamente distinta. Del aceite –cualquiera que sea su calidad u origen– no hace falta decir que es mucho más viscoso que los otros dos líquidos.

Aplicaciones

1. En un río, la corriente es más veloz en su centro que en las orillas, pues al rozamiento propio de las capas del líquido agrega el rozamiento con las riberas. Lo mismo sucede con cualquier fluido que circula dentro de una cañería: es más lento en contacto con las paredes y más rápido en su eje central.
2. Debido a la viscosidad podemos disolver el azúcar en el café con leche; si no tuviese la suficiente viscosidad, la cucharita se movería sin arrastrar el líquido, esto es, sin revolverlo.
3. La resistencia que los fluidos (líquidos y gases) oponen al desplazamiento de los cuerpos, explica el diseño de los barcos y aviones, y la acción de los timones de dirección y profundidad de los submarinos y naves aéreas.

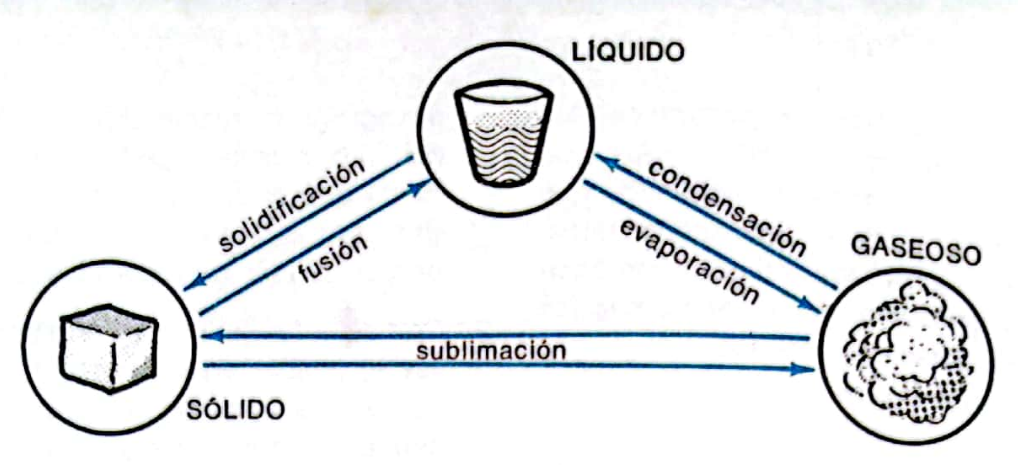
Cuestionario

1. Un sólido, ¿puede ser viscoso?
2. Una sustancia viscosa, ¿puede tomar la apariencia de un sólido?
3. ¿Influye la temperatura en la viscosidad?

II. El agua, nuestra amiga

1 Propiedades físicas del agua

De acuerdo con los experimentos y observaciones realizados, y teniendo en cuenta las conclusiones obtenidas en cada caso, podemos decir que el agua es un líquido incoloro, inodoro e insípido, que a la presión normal se congela (se *solidifica*) a cero grado centígrado, convirtiéndose en hielo o en nieve. Por encima de los 100° C, solamente existe al estado gaseoso, pues se transforma totalmente en vapor. Un litro de agua produce 1 244 litros de vapor, medidos a la presión normal. Sin embargo, también a la temperatura ordinaria el agua líquida se evapora, pasando a integrar la composición del aire atmosférico.



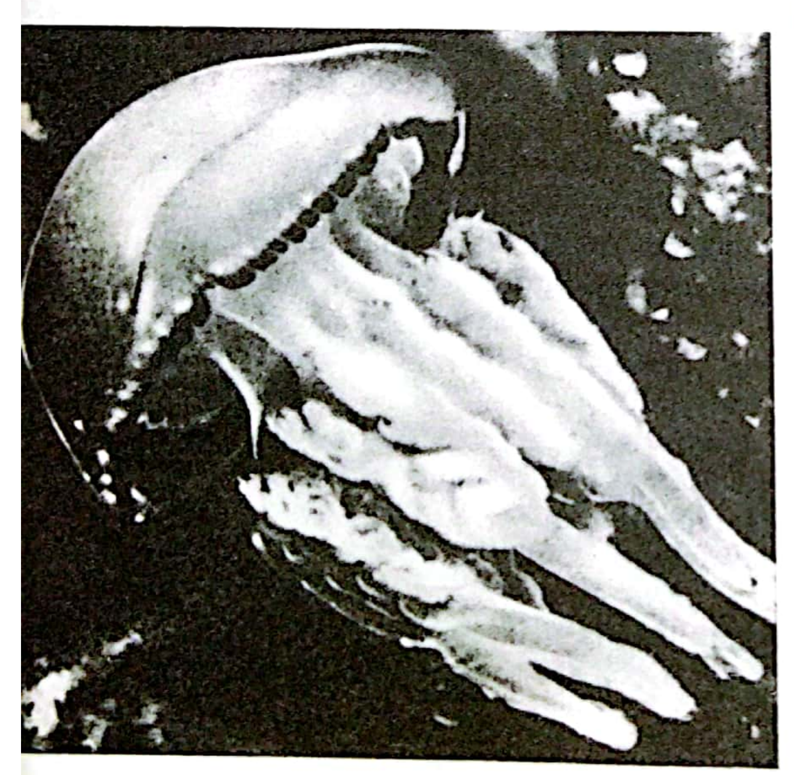
Estos cambios de estado ocurren, asimismo, a la inversa. El hielo o la nieve se transforman en agua líquida, por *fusión*; el vapor de agua se condensa, pasando al estado líquido, por *condensación*. Además, el hielo y la nieve emiten vapores de agua, sin pasar por el estado líquido intermedio (*sublimación*). El pasaje inverso –directamente de gas a sólido– también se llama sublimación (formación de nieve).

El agua tiene una importancia excepcional en todos los procesos que acontecen en la naturaleza, ya sean los relacionados con los organismos vivos, como los que tienen lugar en la materia inorgánica. Es absolutamente indispensable para la vida de los organismos –plantas y animales– que pueblan la Tierra. Aun en las zonas más desérticas, donde llueve poco o nada, la vida se desarrolla penosamente, en contraste con la exuberante vida de las selvas tropicales, donde llueve en abundancia. En las nieves eternas sólo existen organismos microscópicos, mientras que sobre la carpeta de hielo que cubre las regiones polares la vida se refugia en el mar.

La sustancia viviente (o protoplasma) que forma los organismos tiene aproximadamente un 70 % de agua en su composición, proporción que aumenta en los animales marinos, hasta llegar a un 98 %, como ocurre en las medusas, por ejemplo. Todos los intercambios y reacciones químicas que tienen lugar en los organismos, se realizan siempre en un medio acuoso interno, como la linfa, la plasmolinfa y la sangre. Algunos de esos intercambios, sin embargo, pueden realizarse directamente a través de la superficie que limita al organismo, pero ello ocurre en el medio acuático donde solamente pueden vivir.

En la Luna, la carencia de agua –y de aire– imposibilita la vida, aun de los organismos más primitivos. Infructuosas han sido todas las investigaciones que buscaban algún vestigio de vida en las muestras de suelo selenita que trajeron a la Tierra los astronautas que exploraron nuestro satélite.

En el hogar, el agua es el principal elemento para el aseo personal y de la casa. En el campo, además de esos usos, se la emplea en el riego. En la industria, tiene aplicación en múltiples procesos en los que se aprovecha la propiedad más importante del agua: su gran poder disolvente.



El 98 % del organismo de la medusa es agua.

2 El agua trabaja

El agua trabaja incesantemente sobre la superficie de la Tierra, aun en las capas subterráneas. Los *ríos*, en su constante fluir hacia su desembocadura, roen continuamente las riberas y el lecho mismo. Los torrentosos ríos de montaña arrastran peñascos y cantos rodados, que se desgastan al entrechocar entre sí, convirtiéndose, finalmente, en arena y fangos arcillosos. Los materiales así arrancados, son acarreados por las aguas hacia los lugares más bajos y tranquilos, o hasta el mar. El cañón del río Colorado, en los Estados Unidos de América es, sin duda, uno de los ejemplos más espectaculares del trabajo que pueden realizar los ríos durante milenios.

Las *lluvias* desgastan también los terrenos desnudos o insuficientemente protegidos por la vegetación. Cavan hondos surcos o zanjones si el suelo es blando; arrancan las capas superficiales y arrastran –disueltas– las sustancias solubles y –en suspensión– las insolubles. El agua de lluvia, al infiltrarse, produce, a veces, cavernas y cuevas, provocando hundimientos y dislocaciones en la superficie.

El *mar*, al batirse día a día contra los continentes, modela las costas con la potencia destructora de las olas que, además de agua, arrojan materiales sólidos, tales como guijarros, piedras, trozos de roca y las duras valvas de los moluscos. En su trabajo, las aguas del mar destruyen, pero también construyen. Las costas elevadas sufren los embates marinos, desgastándose poco a poco; las playas crecen con la acumulación de materiales que aporta el mar o los que deja al descubierto al retirarse progresivamente en el transcurso de siglos.

El agua transformada en *hielo* también trabaja. Los glaciares, verdaderos ríos de hielo, son torrentes de acción mucho más lenta, pero de una potencia extraordinaria. Al deslizarse por la pendiente de las montañas, invaden los valles, los cavan, los erosionan, y transportan enorme cantidad de grandes rocas que desprenden de las laderas, acumulándolas allí donde el hielo, finalmente, se derrite. Las *morenas* son esos monumentales depósitos de material que arrastran consigo los glaciares.

El relieve terrestre se modifica constantemente por la acción de las aguas, a la que se unen el trabajo de los vientos, de la temperatura, de las fuerzas internas de la Tierra. La tarea destructora se denomina *erosión*: erosión *fluvial*, cuando es producida por los ríos; erosión *marina*, si proviene del mar; erosión *glacial*, si tiene su origen en el trabajo del hielo; erosión *eólica*, si es producida por el viento.

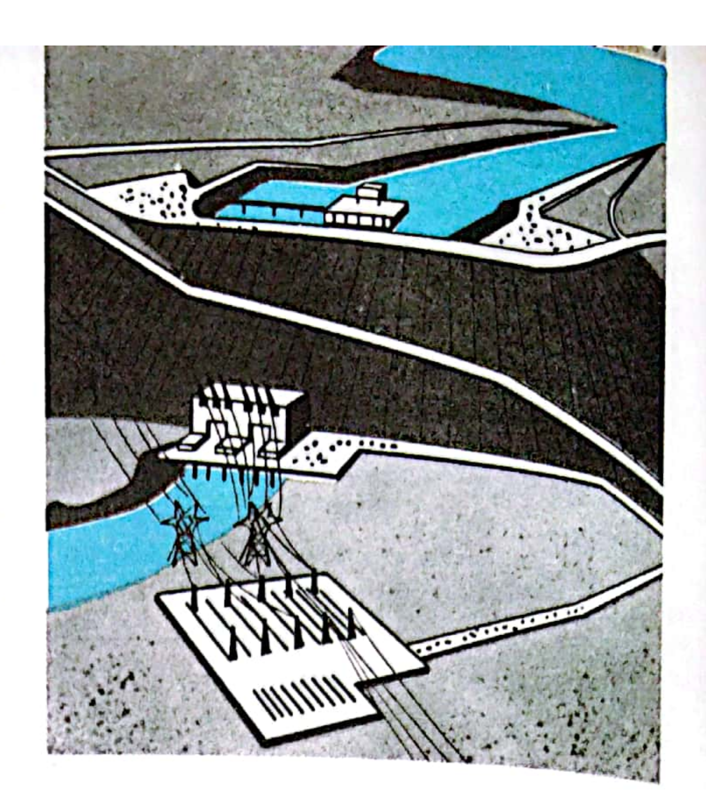
La obra constructiva se traduce en la acumulación de *sedimentos* (fluviales, lacustres, marinos, etc.). Solamente en los terrenos sedimentarios pueden encontrarse fósiles, cuyo estudio contribuye a conocer las etapas de la evolución de la Tierra y la vida en las épocas pasadas.

3 Aprovechamiento del agua

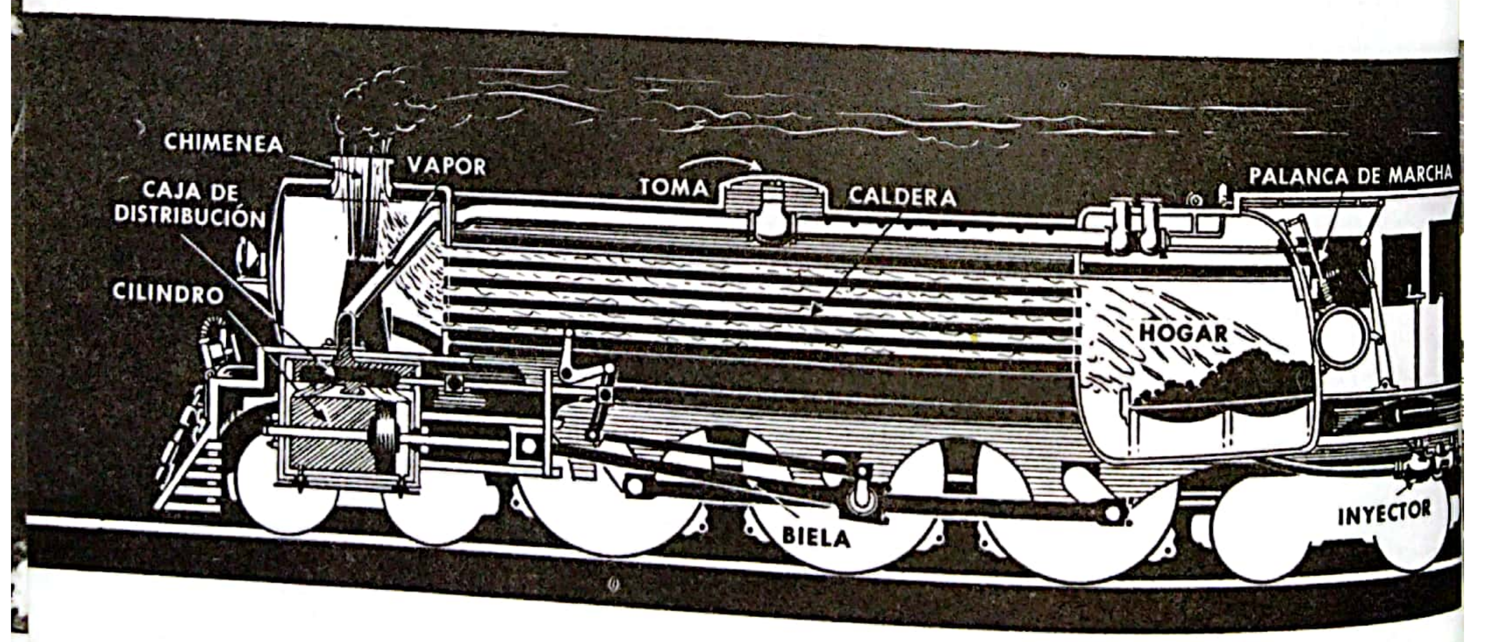
El agua es –como hemos dicho– un elemento de absoluta necesidad para el ser humano. Gracias a ella podemos mantener la higiene de nuestro cuerpo y la limpieza de la ropa y de la casa. El agua de las lluvias limpia la atmósfera y lava las ciudades, lo que significa un beneficio inestimable para la salud.

El agua es, en sí, un alimento para el hombre. De allí que se gastan ingentes sumas de dinero para purificarla y hacerla potable. Se usa, además, en la preparación de los alimentos, para cocer las carnes y verduras, para hacer los caldos, las sopas, los jugos, las salsas, los dulces, las conservas, etc. Entra en la composición de todas las bebidas, alcohólicas o no. Ríos y mares albergan infinito número de peces y

mariscos que forman parte de los comestibles.
Con el agua se elabora la argamasa y el hormigón que se emplean en la construcción de viviendas, caminos, puertos, túneles, puentes, represas.
Los diques regulan las corrientes de agua de los ríos, embalsándolas para utilizarlas como riego y como fuente de energía eléctrica. Las caídas de agua, usadas antaño para mover los primeros molinos, se aprovechan hoy para desarrollar, también, su potencial eléctrico e impulsar, así, la explotación de las riquezas del suelo y la instalación de grandes industrias. Numerosos procesos químicos usan el agua, ya sea en los laboratorios como en las fábricas, obteniendo provecho de su poder disolvente, refrigerante, de combinación, de arrastre de desechos, etc. La calefacción de agua caliente es muy común en las viviendas modernas.
Locomotoras y barcos emplean el agua para transformarla en vapor en sus calderas y, mediante su fuerza de expansión, mover los motores térmicos que, finalmente, hacen avanzar los trenes y navíos repletos de pasajeros y carga. El vapor de agua a presión produce una enorme fuerza que se aprovecha en las máquinas y turbinas de vapor –no sólo de los grandes barcos y máquinas de ferrocarril, sino también en las poderosas grúas, en las plantas industriales, en las "usinas" termoeléctricas.



El agua ha prestado siempre grandes servicios al hombre. Ríos y mares son las vías de comunicación más económicas, tan antiguas como los pueblos que aprendieron a servirse de ellas. En las *aguas termales* muchos enfermos encuentran alivio para sus dolencias; las *aguas minerales* se usan en todo el mundo como bebida de mesa por sus propiedades terapéuticas.
Las grandes ciudades necesitan cantida-





CALEFACCIÓN CENTRAL

des enormes de agua dulce, que obtienen de los ríos y lagos, y de las napas subterráneas. Pero no siempre estos medios de provisión están a mano. La desalinización del agua de mar, mediante la energía proporcionada por los reactores nucleares, resolverá el problema a corto plazo.

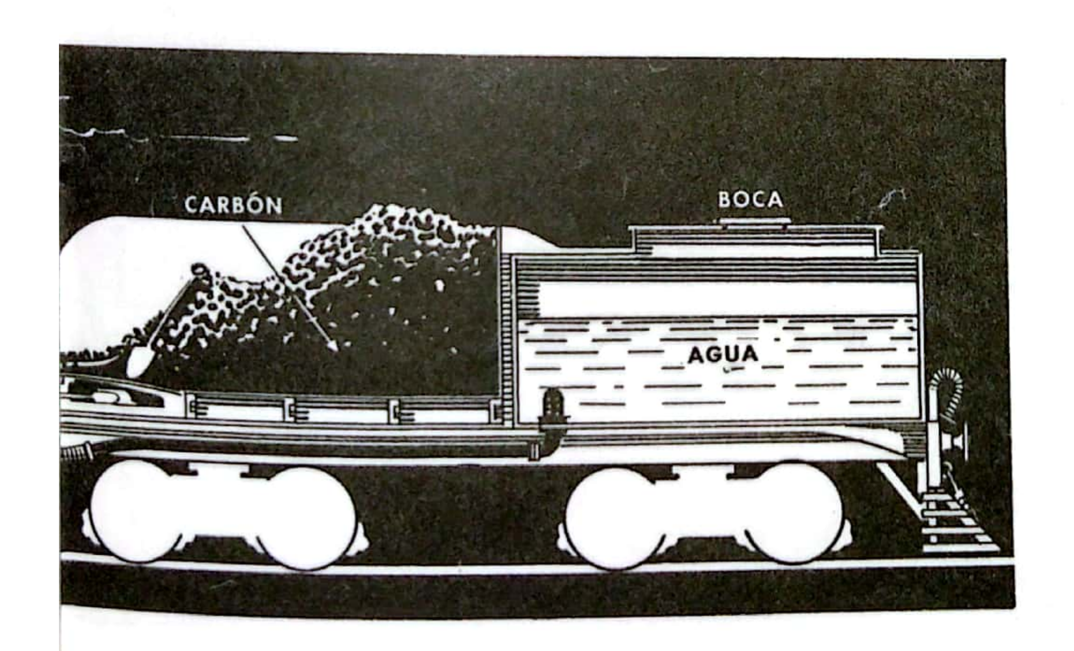
4 El lavado

No por conocida y sencilla debemos desestimar una de las más importantes funciones del agua: el lavado. Su acción disolvente y el arrastre mecánico que se obtiene con el chorro de agua o el fregado, se prestan admirablemente para la higiene personal, para el lavado de la ropa y de los objetos en general y para la limpieza de la vivienda.

El agua disuelve numerosas sustancias, pero no todas. Para eliminar las grasas hay que usar jabón o agregar detergentes que facilitan la solubilización de las grasas.

Los detergentes sintéticos aparecieron después de la segunda guerra mundial, y debieron su invención particularmente a la necesidad de encontrar un sustituto del sebo, elemento que escaseaba y necesario para la fabricación del jabón. En los detergentes existe un ingrediente activo que se disuelve en el agua y que, a su vez, disuelve las grasas, pero también debe haber un componente que facilite el arrastre de las partículas sucias, y un tercer ingrediente que blanquee la ropa.

En esas condiciones, los detergenes cumplen muy bien sus funciones de limpieza, pero crean un problema serio cuando las aguas servidas llevan sus restos a las cloacas, alcantarillas y ríos donde desembocan, pues allí se cubren de una gran cantidad de espuma no degradable que resiste



Corte esquemático de una locomotora de vapor.

el ataque de las bacterias que intervienen en el tratamiento de las aguas servidas. La técnica se encargó de hallar la solución, obteniendo detergentes *degradantes*, es decir, capaces de ser atacados por esas bacterias benéficas. Más adelante se añadieron *enzimas*, elemento biológico apto para hacer desaparecer muchas de las manchas más rebeldes.

Sin embargo, los detergentes –especialmente los que contienen enzimas– suelen provocar irritaciones en la piel y otros accidentes alérgicos a ciertas personas. La ciencia no descansa: parece ser que en un futuro no lejano, el tratamiento más eficaz para desprender en contados segundos toda la suciedad de la ropa –por ejemplo– será la utilización de las ondas ultrasónicas, cuya energía vibratoria es capaz de conseguir esa nueva conquista.

5 La hidrosfera

El agua se halla en la naturaleza en cantidades enormes. En forma sólida cubre las zonas más frías de la Tierra, calculándose que en los casquetes polares se encuentran inmovilizados unos 26 000 billones de toneladas de hielo y en los continentes hay otras 8 000 toneladas de nieve y hielo. En estado de vapor, constituye una parte nada despreciable de la atmósfera, a pesar de que sólo entra en una proporción muy pequeña: en una capa de aire de un kilómetro de espesor, alrededor del globo, el vapor de agua en suspensión pesa 50 000 toneladas. Pero es en estado líquido –ríos, lagos, mares y océanos– como el agua ocupa los 7/10 de la superficie terrestre (510 millones de kilómetros cuadrados) y un peso de un trillón y medio de toneladas.

El conjunto de las aguas que cubren tan enorme superficie se denomina *hidrosfera* (de *hydor* = agua + *sphaira* = esfera). A diferencia de las masas continentales, los mares libres se intercomunican entre sí, especialmente en el hemisferio sur, formado en su casi totalidad por agua.

El agua congelada en los mencionados casquetes polares representa una reserva colosal de agua, que aumenta en los períodos glaciales y disminuye en las épocas interglaciales. En la última glaciación, ocurrida hace unos 20 000 años, los hielos cubrieron extensas regiones de Europa, Asia y América del Norte y, en parte, las tierras sudamericanas próximas al continente antártico. Los hermosos lagos andinos y los bellísimos fiordos de Noruega, para citar sólo lugares situados a distancias extremas, tienen su origen en esa época glacial. El deshielo producido en el período interglacial en que vivimos provocó el ascenso de las aguas marinas que invadieron el continente, cubriendo lo que hoy constituye la plataforma submarina o zócalo continental.

6 La contaminación de las aguas

A pesar de la inmensa cantidad de agua que hay en nuestro planeta, la mitad de la superficie terrestre continental resulta inhóspita para el hombre debido a la caren-

cia de agua. Ello influye en un modo decisivo en la civilización de los pueblos afectados por esa falta del líquido elemento. "El nivel de vida –dice «El Correo de la UNESCO»– está dado por el consumo de agua, que se necesita para la agricultura, la industria, los servicios públicos, los usos domésticos. En algunos países, ese consumo es sólo de 100 litros diarios por habitante; en otros, como en los Estados Unidos de América, la nación de más alto nivel de vida del mundo, el consumo «per cápita» es de 6 000 litros diarios."

Pero el problema de la calidad del agua es más inquietante aún que el de la cantidad. La contaminación de las aguas se produce por los desechos orgánicos de las poblaciones, por residuos químicos, por detergentes no degradables, por insecticidas, por la suciedad en los muelles y otras instalaciones portuarias, por el naufragio de buques petroleros, etc., todos los cuales están destruyendo la flora y la fauna de los ríos, lagos y mares. Gran cantidad de ríos están más o menos contaminados y muchos de ellos constituyen nauseabundos sumideros al aire libre

Los residuos tóxicos de las fábricas; las aguas servidas (pozos ciegos, fosas sépticas y sistemas cloacales), cuyo tratamiento es más difícil a medida que la población aumenta; los compuestos mercuriales; el petróleo y los hidrocarburos, en fin, ensucian e infestan los ríos y los mares, y causan ya graves estragos, al producir la mortandad de peces y las serias epidemias entre los pobladores de las zonas bañadas por ellos.

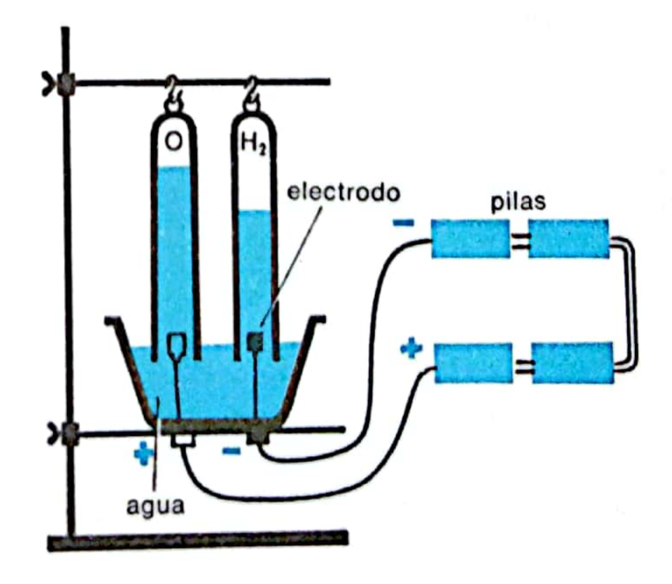
El problema de la eliminación de las aguas servidas en los centros superpoblados y la imperiosa necesidad de disponer de agua potable es extraordinariamente serio y se agrava progresivamente. Los ingenieros sanitarios están tratando de poner remedio a este estado de cosas, ideando procedimientos que permitan recuperar rápidamente el agua servida, convirtiéndola en agua apta para beber. El agua químicamente pura es siempre agua, cualquiera sea su origen; algunos dispositivos podrían instalarse directamente en las casas de familia. De todos modos, actualmente el agua servida, a través de procesos naturales (infiltración, empozamiento, etc.) complementarios de su tratamiento bacteriológico y su posterior acceso a los ríos y mares, vuelve a ser utilizada, cumplido su proceso de depuración.

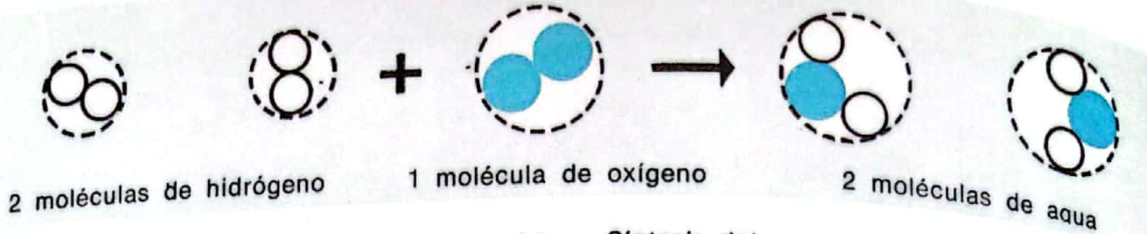
Como en el caso de la contaminación del aire, este asunto de la contaminación de las aguas ha dado lugar a que en diversas partes del mundo se realizaran congresos internacionales para tratar este candente problema, que se pone de relieve en forma cada vez más generalizada y que exige una urgente solución.

III. Composición química del agua

1 Electrólisis del agua

El agua es una sustancia compuesta por *hidrógeno* y *oxígeno*, como lo prueba su análisis (o descomposición) mediante el *voltámetro*. Si hacemos pasar una corriente eléctrica (cuatro pilas comunes o un transformador de 6 voltios) a través de





Síntesis del agua: relación de volúmenes.

agua ligeramente acidulada, en seguida observaremos el desprendimiento de burbujas de gas en cada uno de los electrodos (terminales por donde entra y sale la corriente). En el tubo correspondiente al polo positivo recogeremos oxígeno (1 volumen) y en el tubo del polo negativo obtendremos hidrógeno (2 volúmenes).

Inversamente, partiendo de 2 volúmenes de hidrógeno y 1 volumen de oxígeno, podríamos producir 1 volumen de agua. Por eso se dice que 1 volumen de agua está compuesto por 2 moléculas de hidrógeno (H) y 1 molécula de oxígeno (O). Una molécula de agua contiene 2 átomos de hidrógeno y 1 átomo de oxígeno. La fórmula del agua es, entonces: H_2O, expresión que leeremos: "hidrógeno dos, oxígeno".

En el análisis del agua por medio del voltámetro, efectuamos lo que se denomina la *electrólisis* del agua, esto es, su descomposición en hidrógeno y oxígeno mediante una corriente eléctrica. Como el primero de dichos gases acude al electrodo negativo o *cátodo*, se dice que el hidrógeno es *electropositivo*, mientras que el oxígeno es *electronegativo* porque se dirige al polo positivo o *ánodo*.

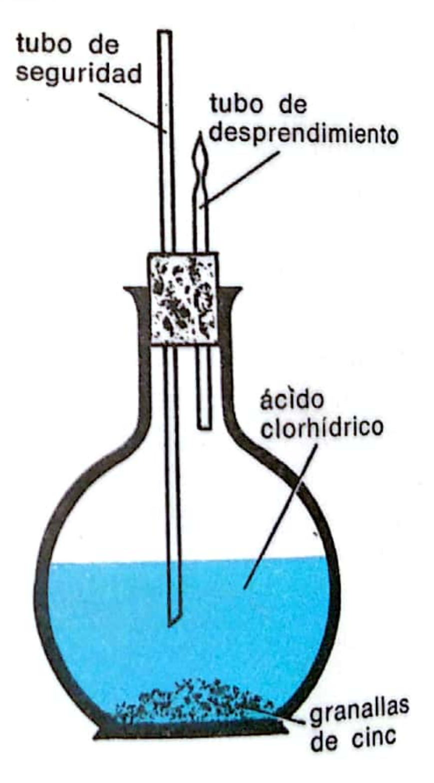
2 El hidrógeno

Es fácil obtener hidrógeno si contamos con un matraz (o frasco parecido), dentro del cual colocaremos ácido clorhídrico y agua (partes iguales) y granallas de cinc. El activo burbujeo del líquido indica el desprendimiento de un gas; este gas es el hidrógeno. Esperemos un rato de modo que el gas haya arrastrado todo el aire contenido dentro del tubo de desprendimiento. Acerquemos un fósforo encendido al tubo afilado. El hidrógeno, que es un gas muy inflamable, se enciende con un ruido seco, y arde con llama pálida y caliente. En seguida, el vidrio del orificio de salida se enrojece.

En lugar del tubo afilado coloquemos otro tubo de desprendimiento y hagamos burbujear el gas en el seno de una solución jabonosa (5 g de jabón en 200 cm^3 de agua, más una tercera parte de glicerina). Se forman pompas de jabón que como están llenas de hidrógeno, que es un gas muy liviano, se desprenden y ascienden.

Nota importante: Al preparar hidrógeno, dada su gran inflamabilidad, extrememos todas las precauciones indicadas. Si el experimento se realiza en el aula conviene

Dispositivo para preparar hidrógeno en pequeña cantidad.



envolver el matraz o frasco con un repasador, a fin de evitar que los trozos de vidrio salten, si llegara a explotar. Dirija siempre el tubo de desprendimiento hacia un lado donde no haya ninguna persona; si el corcho llegara a saltar, por exceso de presión, no causará trastornos.

El hidrógeno es un elemento que entra con relativa abundancia en la composición de los cuerpos terrestres. No debemos olvidar que junto con el oxígeno forma parte del agua y que la mayoría de las sustancias orgánicas (grasas, almidones, albúminas), lo contienen. Es uno de los gases más livianos (1 m³ pesa 90 g). Por esta razón se lo emplea para inflar los globos (globos sonda) que deben explorar las altas regiones de la atmósfera.

El hidrógeno fue descubierto en 1766 por el químico inglés Enrique Cavendish, nacido accidentalmente en Niza, Francia. Antes de que Lavoisier le diera su actual nombre (hidrógeno significa "engendro agua"), los investigadores le llamaban *aire inflamable*.

Es difícil encontrarlo en estado libre, excepción hecha del hidrógeno que emana de algunos volcanes y de ciertos pozos petrolíferos. Pero la atmósfera, por encima de los 100 km, está formada en gran parte por hidrógeno (que asciende en razón de su poco peso). Colosales llamaradas de hidrógeno de más de 100 000 km se elevan periódicamente de la superficie del Sol. Los astrónomos las llaman *protuberancias*.

IV. El agua al servicio del hombre

1 El agua domeñada

En vastas zonas de la Tierra las lluvias son escasas o faltan por completo. Los ríos tienen allí un exiguo caudal de agua, temporario, que en el mejor de los casos depende del derretimiento de la nieve de las montañas o de lluvias muy ocasionales; después se secan. Hay regiones que ni con eso cuentan.

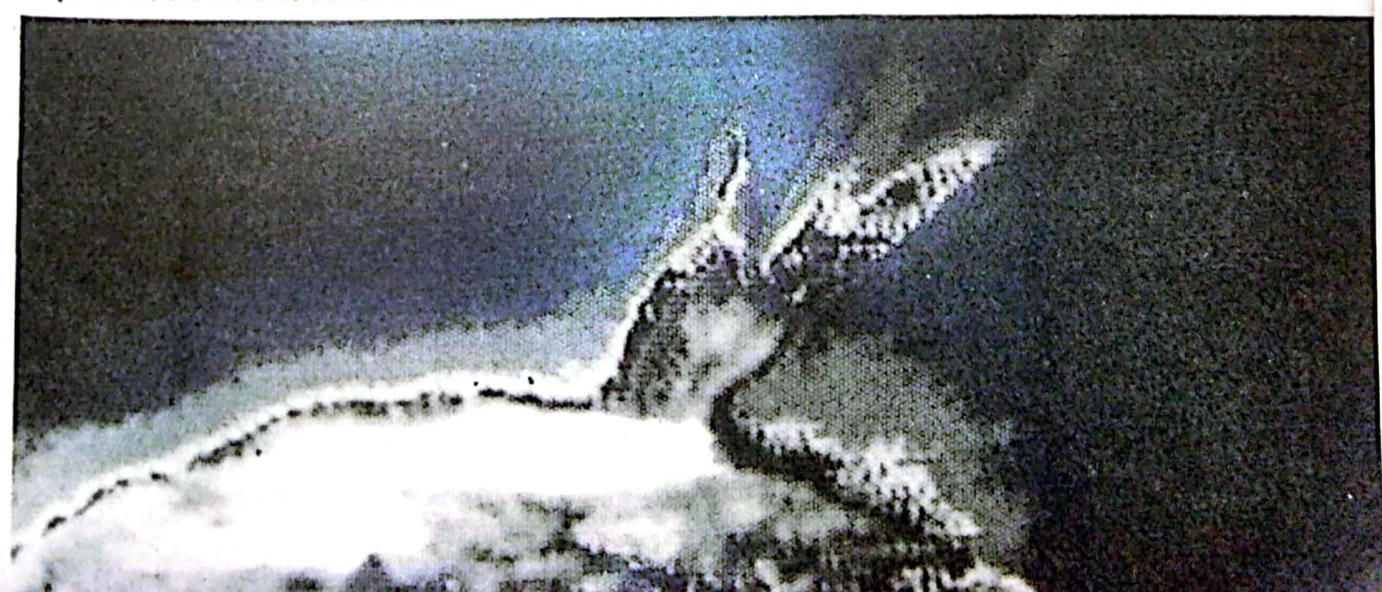
Sin embargo, en algunas de esas comarcas hay populosas ciudades y fértiles campos, cultivados con gran variedad de especies vegetales y poblados por numeroso –aunque característico– ganado. ¿Cómo se explica esta situación?

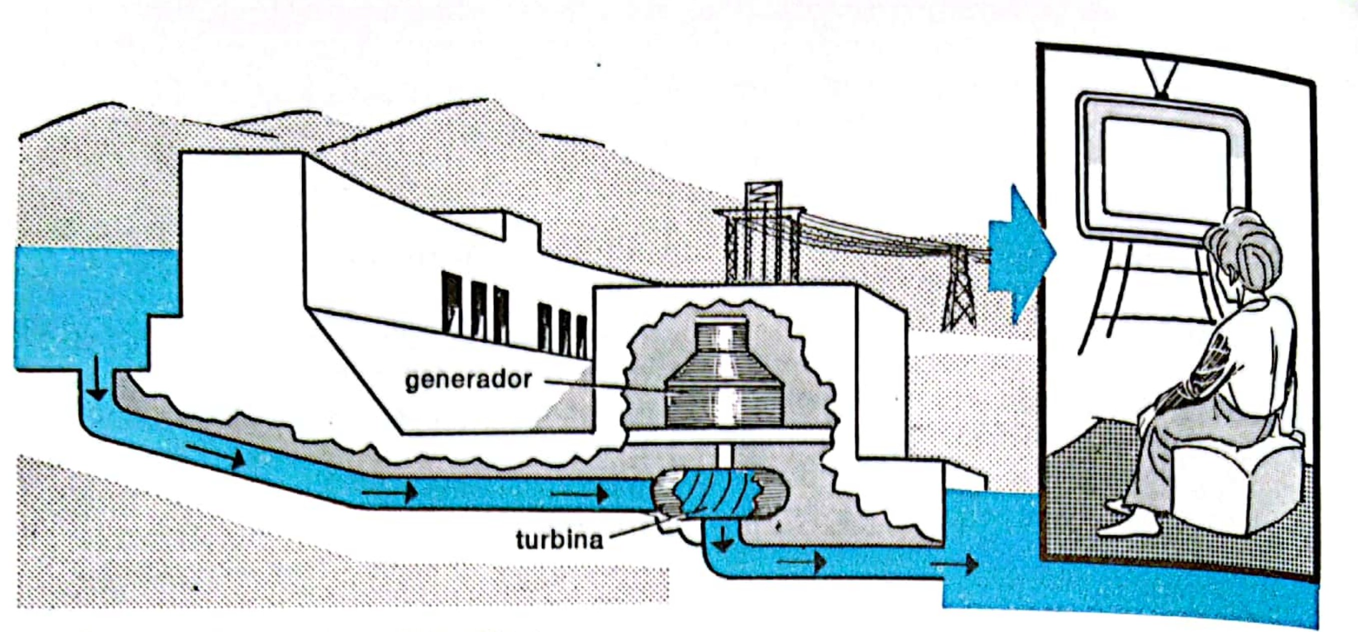
2 Embalses y canales de riego

Sólo el esfuerzo tesonero e inteligente del hombre, que ha construido obras capaces de almacenar el agua en las épocas de abundancia, le ha permitido disponer del vital elemento durante el resto del año. Los *embalses* y los *canales de riego,* a los que ya nos hemos referido, hacen el portento.

Para embalsar o retener el agua se construye un *dique*, es decir, un gran muro de


Erupción solar. Vista tomada desde el laboratorio espacial Skylab en agosto de 1973.





Esquema de una planta hidroeléctrica.

hormigón u otro material resistente, que atraviesa el lecho del río, generalmente entre los dos paredones de un valle o en una hondonada del terreno. El murallón es una barrera artificial que detiene, acopia y encauza el agua de un río, para cumplir así múltiples finalidades: regula el caudal de las aguas, evitando las inundaciones, produce energía, suministra agua de regadío y cubre todas las demás necesidades que, con respecto al agua, tienen el hombre y los animales.

Formado el inmenso depósito, vertederos especiales, llamados *aliviaderos,* se encargan de mantener un nivel adecuado en el embalse cuando su agua no se emplea. Llegado el momento de usarla, el agua sale por las *compuertas,* para ser desviada a los canales de derivación, a las tuberías, a los acueductos, de acuerdo con las necesidades de cada caso y momento.

La altura de las mayores presas de mampostería sobrepasa los 300 m, y los lagos artificiales que constituyen sus embalses suelen alcanzar enormes extensiones de 200 y 300 km de largo.

Hay zonas en el mundo, sin embargo, cuyos ríos y arroyos no proporcionan el agua suficiente para construir embalses. Millones de hectáreas de cultivo reciben riego artificial a través de canales, acueductos y acequias, que conducen el agua obtenida en las fuentes freáticas y artesianas. Existen acueductos expresamente construidos para riego, cuya longitud es superior a los 200 km.

3 Luz y fuerza

Desde los tiempos más antiguos se han utilizado las presas para producir energía, pues la fuerza hidráulica generada en los desniveles accionaba molinos, serrerías, etcétera. Con las presas modernas, en las que el agua sale en grandes chorros a través de las compuertas, se hacen funcionar turbinas que ponen en marcha las máquinas productoras de electricidad. Esa energía proporcionada por el agua se denomina *hidroeléctrica.*

La energía hidroeléctrica tiene, como sabemos, innumerables aplicaciones. Transformada en energía mecánica, mueve los motores y las máquinas de las fábricas; convertida en energía luminosa, da luz a las poblaciones. Considerada en conjunto, por el momento la principal fuente de energía eléctrica la constituyen los combustibles tradicionales: carbón y petróleo; los reactores nucleares utilizan la energía atómica ("átomos para la paz") y constituirán en el futuro el gran recurso para satisfacer las demandas siempre crecientes.

4 Salud para los enfermos

Con el nombre de *aguas minerales* se designan las aguas naturales que contienen sustancias minerales disueltas, con virtudes medicinales. Las hay en todas las regiones de la Tierra y provienen en general de manantiales, aunque algunas se extraen de los pozos.

Las propiedades curativas de las aguas minerales dependen de su composición química: algunas de ellas son bebibles, pues las sales disueltas no afectan su potabilidad.

Estas aguas *termales* o *caldas* disuelven comúnmente más sales que las frías (en razón de su temperatura); surgen siempre de los manantiales con temperatura superior a la normal. Pueden ser bicarbonatadas, sulfhídricas, cloruradas, ferruginosas, nitrogenadas, etc., y su temperatura –muy variable– va de los 20° C hasta por encima de los 80° C. El uso de las mismas en los balnearios puede tener resultados benéficos para ciertos trastornos, pero debe hacerse siempre con recomendación médica.

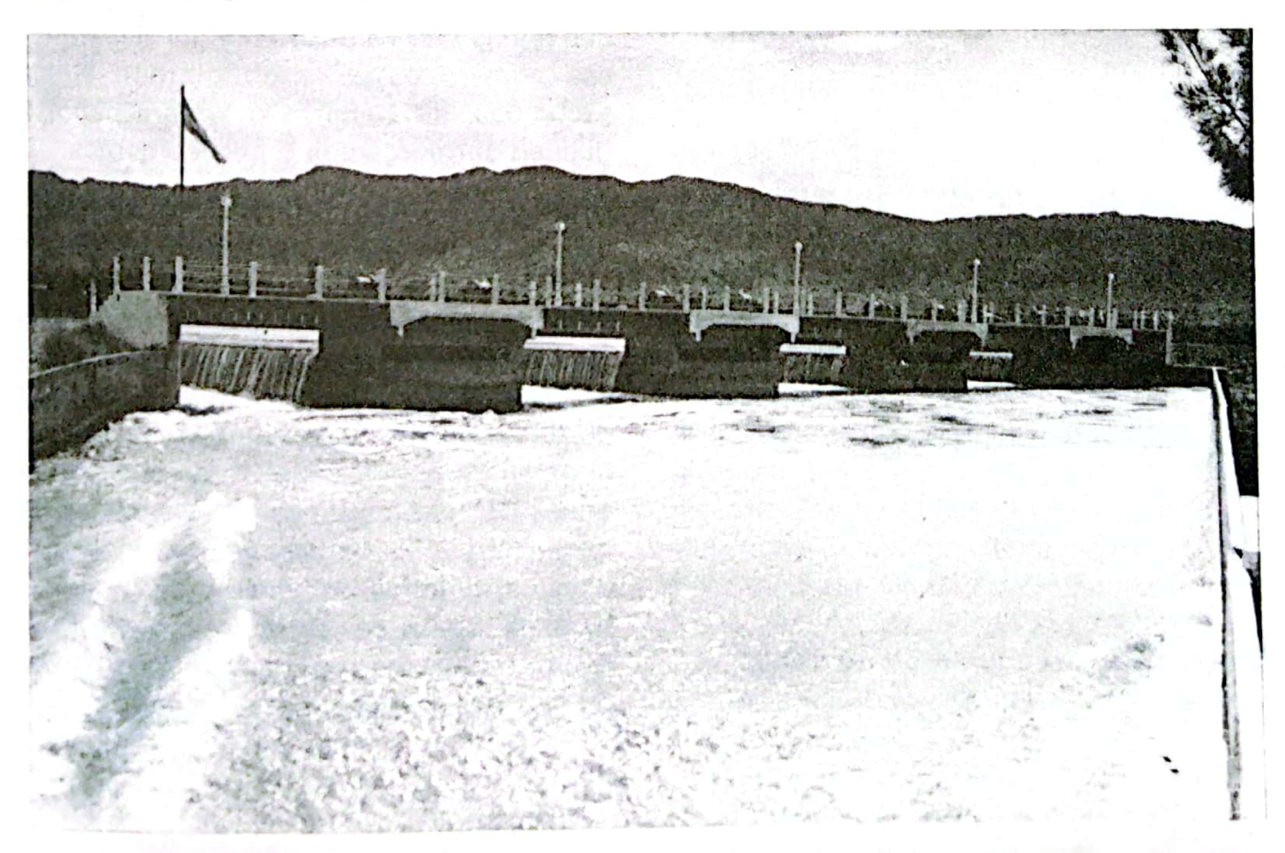
5 De dónde se obtiene el agua

El hombre obtiene el agua que necesita para sus usos personales y para la industria de los lugares de más fácil acceso y de donde le resulta más cómodo extraerla, es decir, de los ríos, lagunas y lagos. En su defecto, la toma de las napas subterráneas, para lo cual debe ingeniárselas cavando pozos e instalando bombas.

La existencia de estas aguas –superficiales o profundas– está en relación con la geografía y con la naturaleza del suelo y del subsuelo. Las poblaciones se han asentado preferentemente a orillas de ríos y lagos. Pensemos en las grandes ciudades del mundo –en las americanas, por ejemplo– y comprobaremos que sus fundadores procuraron siempre tener el agua al alcance de la mano.

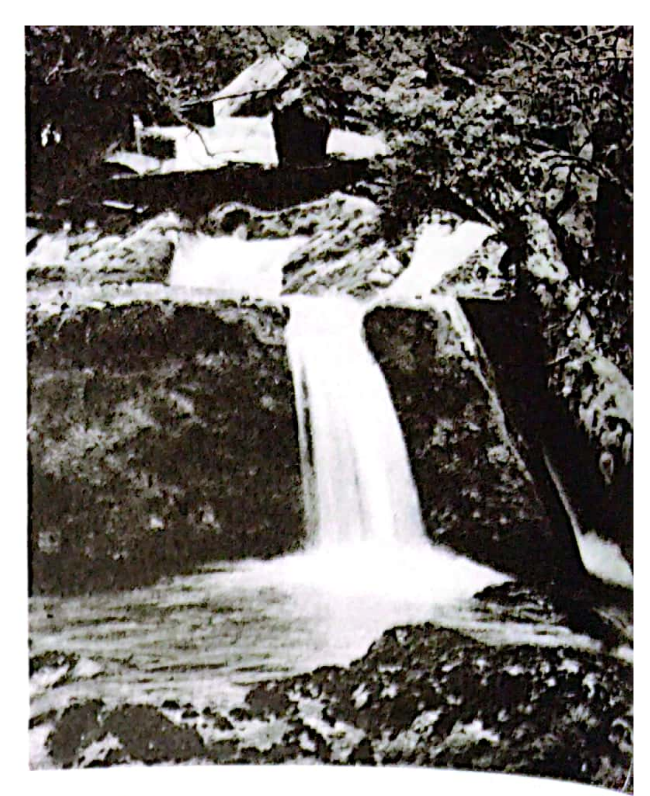
La provisión de agua a las poblaciones que no se hallan cerca de ríos que permitan su abastecimiento y el agua subterránea que son salobres, requieren la construcción de acueductos, mediante los cuales el vital elemento puede llevarse desde lugares distantes. Estos canales o con-

Dique de José Ignacio de la Roza (San Juan).





Acueducto de Tarragona (España).



Manantial.

ductos artificiales datan de la más remota antigüedad. Durante varios siglos se hicieron en suave pendiente, que facilitaba el transporte del agua, a ras del suelo o a cierta altura, casi siempre al descubierto. Hoy se construyen verdaderos "ríos artificiales", que suben y bajan, atraviesan montañas, tienen sifones, cámaras de bombeo, instalaciones purificadoras, etc. En América hay acueductos modernos que, según hemos dicho, recorren más de 200 km.

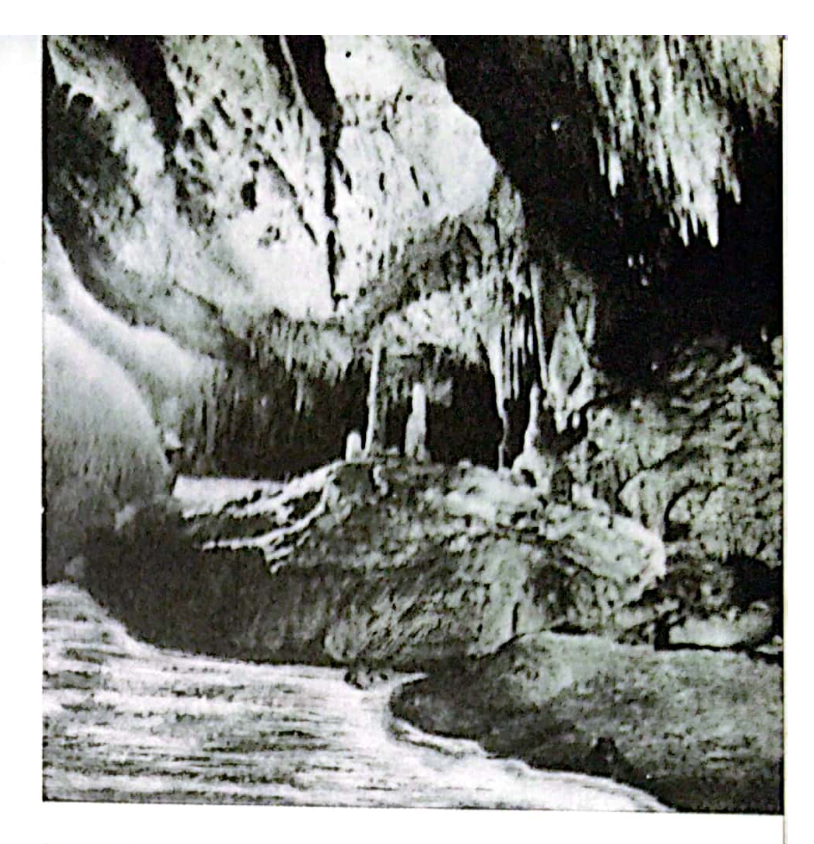
6 Las capas de agua del subsuelo

El agua de lluvia se desliza, se infiltra, se evapora. Al infiltrarse a través del suelo, pasa fácilmente entre los gránulos de las arenas y aluviones poco coherentes, y por las grietas de las rocas compactas. Si esta agua subterránea llega a una superficie inclinada, como la ladera de una montaña, corre, mana, dando origen a los *manantiales, vertientes* u *ojos de agua.* Allí suele recoger agua el hombre.
Otras veces, el agua subterránea se detiene en su escurrimiento ante una superficie impermeable, de tosca o arcilla, y se acumula formando una capa llamada *freática* (del griego *phrestos* = pozo, cisterna). La cantidad acumulada depende de la lluvia que cae en la zona y del consumo que se puede hacer de ella. La gente que extrae agua de los pozos sabe que, en determinadas circunstancias, o en ciertas épocas, el nivel de las aguas sube o baja en el pozo.

Las aguas que se depositan por debajo de esa primera capa se denominan aguas profundas, de segunda o tercera capa, y pueden ser surgentes o semisurgentes.

No debemos creer que el agua subterránea corre formando verdaderas capas líquidas, como las de un río o arroyo. En realidad, se desliza por encima de la roca impermeable, a través del material poroso, embebiéndolo. Se acumula en la cavidad del pozo cuando éste se abre, de la misma manera que si, estando en la playa, a orillas del mar, cavamos con las manos un pequeño pozo: apenas hemos llegado a unos centímetros por debajo de la superficie, la arena se presenta mojada y el agua que rezume prontamente se acumula en el fondo del pozo recién abierto.

A veces, existen ríos que se internan por las hendeduras del terreno, desapareciendo bajo tierra. Suelen cavar poco a poco cavernas y grutas, algunas de las cuales alcanzan dimensiones increíbles, Las cavernas de la cueva de Mamut, en los Estados Unidos de América, tienen más de 100 km de grutas: constituyen objetos de promoción turística.



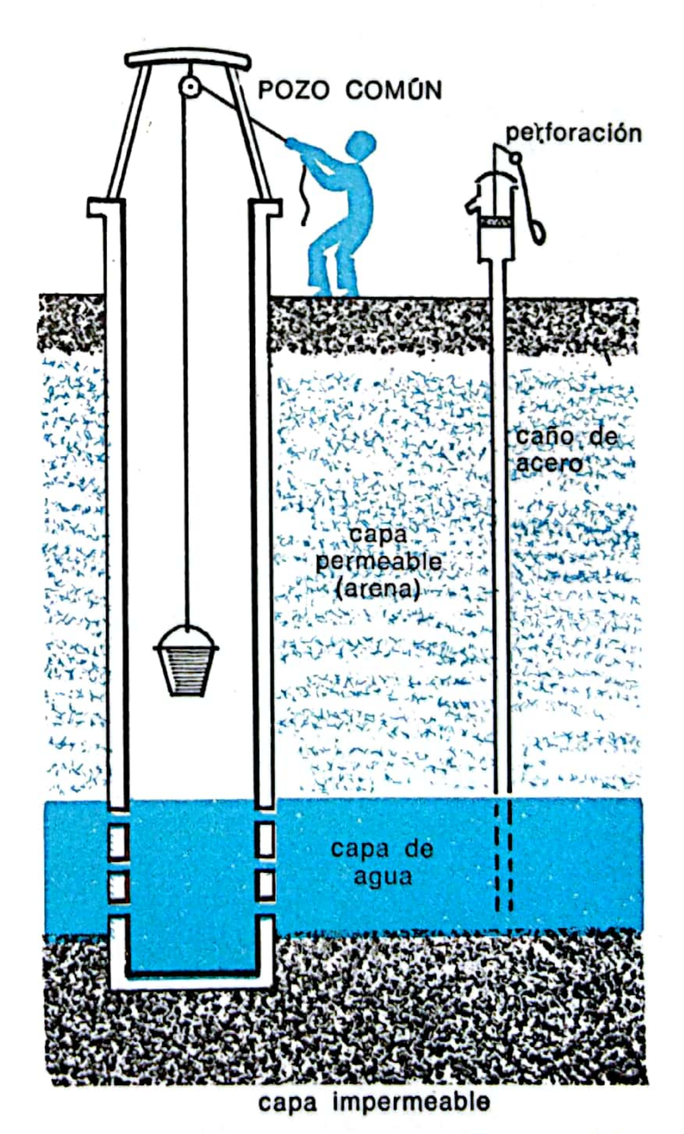
Aguas subterráneas.

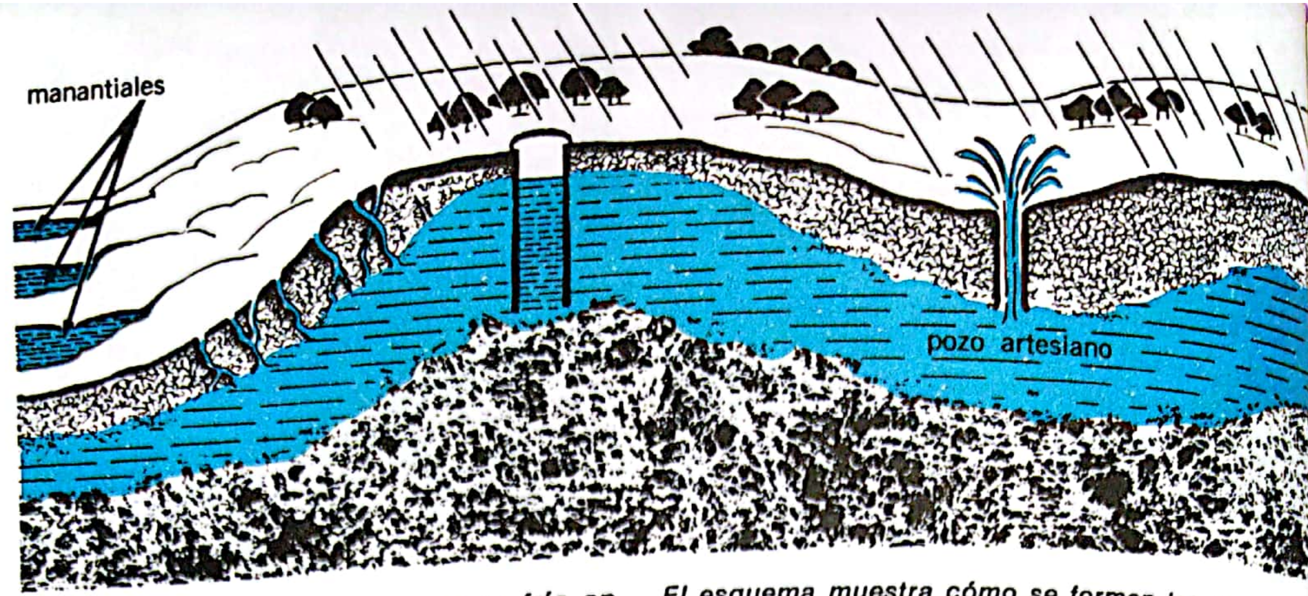
7 Los pozos de agua

Las capas freáticas son de gran importancia, pues aseguran la humedad del suelo, tan necesaria para las plantas. Dada la facilidad con que se extrae el agua de ellas, son las que utiliza el hombre para su consumo, cuando no existen corrientes de agua superficiales. Sirven para el riego de los cultivos, para llenar los abrevaderos de los animales y para los usos caseros e industriales.

Para aprovechar las aguas freáticas, se hacen pozos en el terreno, es decir, se cavan hoyos hasta encontrar una capa. Son rarísimos los sitios donde el subsuelo carece de agua, de modo que es cuestión de profundizar más o menos la excavación. Los pozos poco hondos se cavan a mano; con ellos se llega a la primera capa acuífera. Pero muchas veces la perforación debe hacerse con sondas especiales y máquinas perforadoras para alcanzar mayores profundidades o para atravesar terrenos muy duros. Mientras los primeros son hoyos circulares de regular diámetro, los pozos de segunda capa son mucho más estrechos y entubados.

Para el consumo, principalmente humano, es aconsejable extraer agua freática de la segunda napa, casi siempre libre de contaminaciones, es decir, potable. Al hacer el pozo, a poco que se profundice unos metros, la temperatura del terreno –que permanece constante durante todo el año–



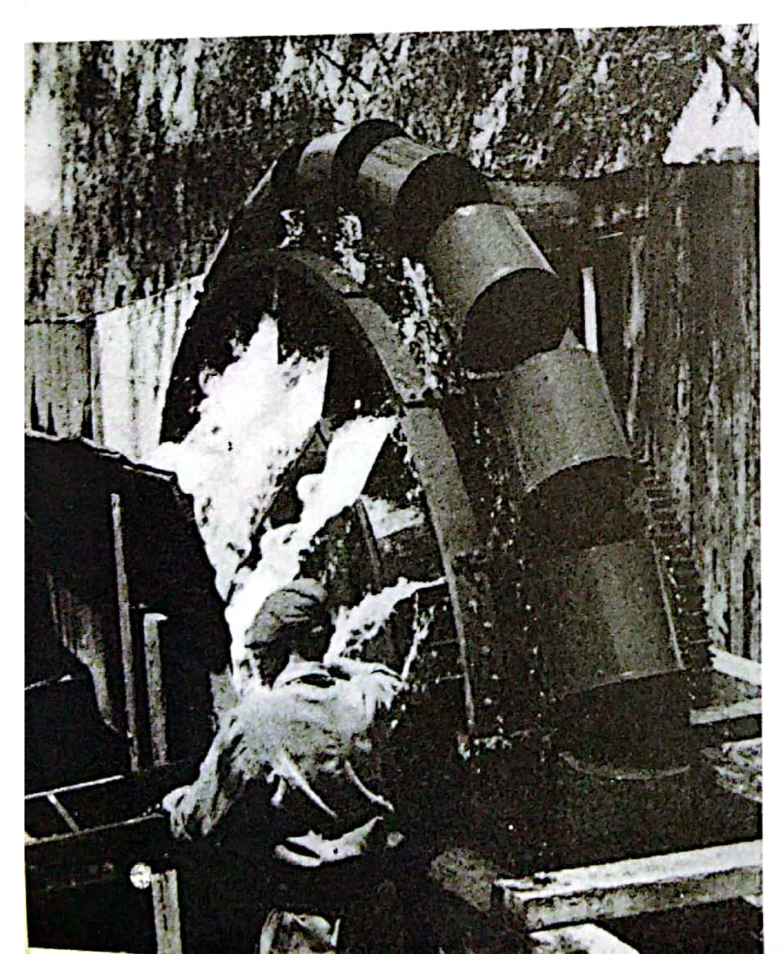


El esquema muestra cómo se forman las napas subterráneas y los pozos artesianos.

hace que el agua del pozo parezca fría en verano y templada en invierno.

Las aguas subterráneas se mueven bajo la influencia de la gravedad, escurriéndose desde los lugares más altos hacia los de nivel inferior. Cuando se perfora un pozo en los sitios bajos de un valle, el agua sube por la perforación, aflora a la superficie y se derrama en el exterior, elevándose a veces a considerable altura. Se trata, en estos casos, de los llamados pozos *artesianos* o *surgentes*.

Noria que todavía se utiliza en algunas regiones.



Hay cuencas artesianas en todo el mundo. El nombre proviene de Artois (antes llamada Artesia), antigua provincia del norte de Francia, famosa por sus fuentes de agua surgente.

En ocasiones, al efectuar la perforación para el pozo, el agua se eleva aunque sin alcanzar la superficie, constituyendo, entonces, un pozo *semisurgente.* Para elevar el agua se utilizan las bombas, de las cuales ya hemos hablado, accionadas a mano, o por medio de motores, o por el viento, como sucede con los *molinos.* En estos últimos, el viento hace girar la roseta que, convenientemente articulada, mueve el émbolo de la bomba, llenándose así el depósito. Aún hoy se emplean las *norias* para elevar agua, primitiva máquina formada por un malacate y un engranaje que, al girar, mueven un rosario de cangilones o arcaduces que bajan vacíos al pozo y suben llenos de agua, volcándola en el terreno.

8 No todas las aguas son iguales

Al hablar de aguas minerales, mencionamos el hecho de que ellas tienen gran número de sales en disolución. Algunas de esas aguas son beneficiosas para la salud si se emplean externamente, como en los baños termales, por ejemplo. Pero no son

potables y tampoco son útiles para el lavado.
Las aguas de pozo no son otra cosa que aguas minerales y, por consiguiente, pueden tener las mismas características. Por ello, cuando se practica una perforación lo primero que se hace es analizar el agua obtenida. Puede no ser nociva, pero tiene un gusto raro o desagradable mientras no nos acostumbremos a tomarla asiduamente.
De cualquier modo, la mayor parte de las aguas de pozo, cargadas de sales, no sirven para lavar. Hagamos una prueba: si no tenemos agua de pozo, pongamos en una palangana agua corriente y disolvamos en ella unas cuantas cucharadas de sal común: el jabón no hará espuma. Se forman grumos, que indican que el agua salada "corta" el jabón, según la expresión familiar. También se dice que el agua es "dura".
Las *aguas duras* pueden ser mejoradas, si se las destina al lavado, agregándoles una cucharadita de carbonato de sodio ("soda", en el comercio) por cada litro de agua. Más económico resulta usar las llamadas lejías, que se preparan dejando macerar en agua las cenizas que –luego de su combustión– dejan la leña y el carbón de leña.
Agua que lava muy bien es la de lluvia, y si se la recoge y guarda sin que se contamine, es una excelente agua potable.
Las aguas salinas forman incrustaciones en los recipientes donde se las hierve, cubriéndolos de un "sarro" que aumenta el espesor y exige mayor consumo de combustible.

9 El agua potable

El agua es la bebida natural por excelencia. Se llama *agua potable* a la que es apta para beber y cocer nuestros alimentos. La provisión de agua potable para el consumo de una población es un problema siempre serio, que los servicios de aguas corrientes resuelven en las ciudades más importantes.
Para ser considerada potable, el agua debe reunir los siguientes caracteres:

a) Transparente, incolora, inodora e insípida; fresca, aireada, bacteriológicamente pura.

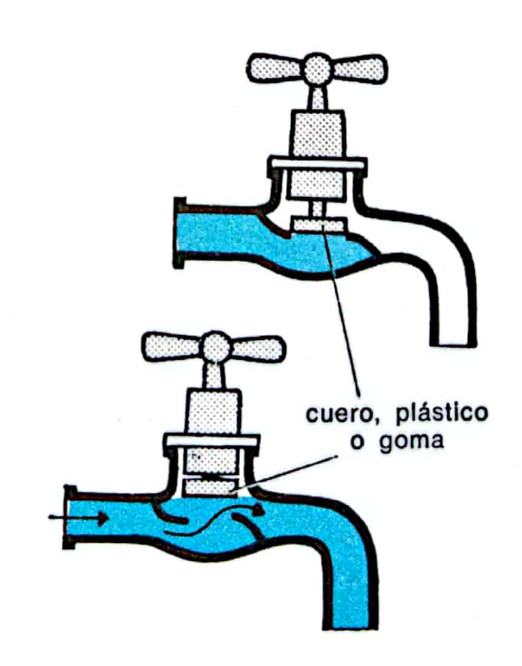
b) Debe estar ligeramente cargada de sales *minerales* (1 g por litro, como máximo).

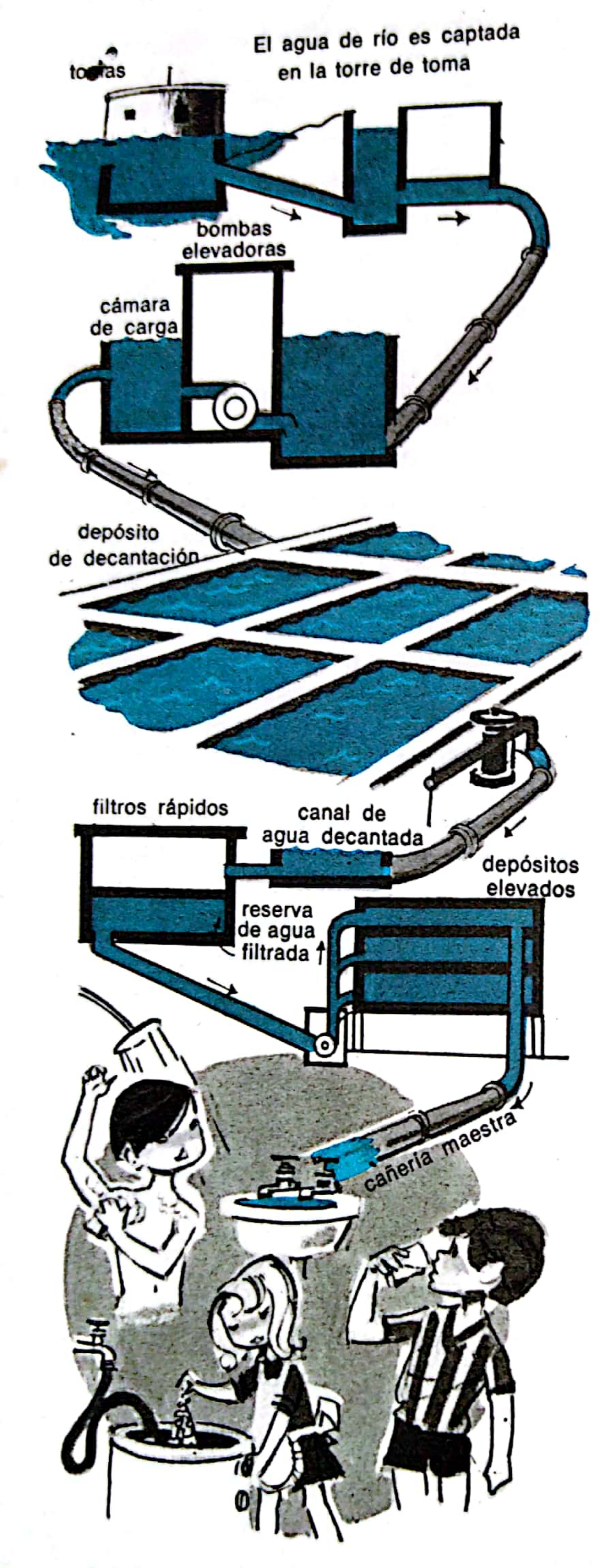
c) No debe contener indicios de sustancias orgánicas, ya sean de origen animal o vegetal.

d) Debe disolver el jabón sin formar grumos y cocer bien las legumbres.

e) Conservada en frasco cerrado no debe descomponerse.

La principal y más cómoda fuente de agua potable la constituyen los ríos. A sus orillas se levantan las ciudades. En los lugares montañosos, las aguas de vertientes, en general, son excelentes.
En las grandes ciudades, y aun en las menos pobladas pero modernas, el agua potable fluye de las canillas o grifos. Cuando regulamos la salida del líquido, estamos muy lejos de imaginar el largo camino que recorre, desde su fuente hasta nuestra casa.





Cómo llega el agua a nuestras casas.

Las poblaciones que cuentan con una fuente superficial de agua en las cercanías, se proveen directamente de ella para abastecer el consumo de sus habitantes. Las instalaciones de la red de aprovisionamiento comienzan en las torres de "toma", construidas dentro de la fuente (río, arroyo, lago o laguna).

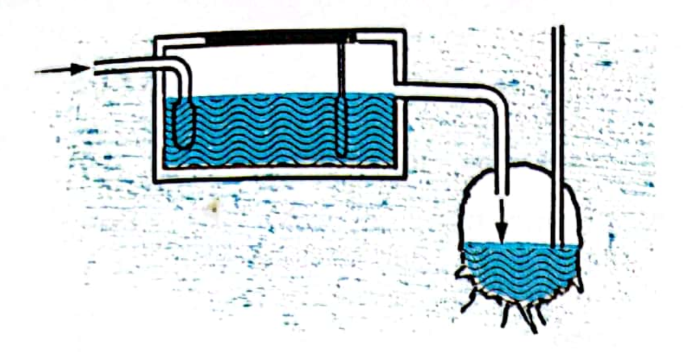
El agua es extraída por poderosas bombas y conducida a depósitos de decantación. En éstos se procede a "clarificarla", pues, generalmente, contiene gran cantidad de elementos en suspensión (barro y arena) que la enturbian; luego se purifica mediante el agregado de cal y cloro. El último proceso de purificación se realiza en los *filtros*. Éstos son grandes piletas con el fondo agujereado, sobre el cual se disponen varias capas superpuestas de piedras, cantos rodados y guijarros, los que a su vez se cubren con diversas capas de grava, gravilla y por último, arena.

El agua entra por la parte superior de la pileta y va pasando a través de todas esas capas por los poros que dejan la arena y las piedras. Así se van separando todas las sustancias que la enturbian y sale por la parte inferior, cristalina y apta para beber. Pasa después a grandes depósitos de almacenamiento, de donde se distribuye por cañerías subterráneas hasta el domicilio de cada usuario.

La provisión de agua se calcula sobre la base de que cada 5 personas necesitan, término medio, un metro cúbico diario, lo que equivale a decir que cada habitante consume 200 litros de agua por día.

Muchas poblaciones no poseen, sin embargo, este admirable servicio de agua corriente, y la naturaleza no siempre la ofrece en condiciones de ser utilizada. El agua de pozo o de las represas, donde permanece estancada, puede estar contaminada, contener gérmenes de enfermedades graves, o tener en suspensión sustancias indeseables.

Las aguas de pozo se contaminan cuando están cerca de los pozos ciegos o pozos



Mediante una cámara séptica se asegura la evacuación de las aguas servidas.

negros, donde se recogen las inmundicias y las aguas servidas de las viviendas que no poseen cloacas. También se contaminan cuando se hallan en las inmediaciones de las lagunas de aguas infectas, las que se infiltran a través de la tierra y llegan hasta las aguas de los pozos que se convierten, así, en viveros de microorganismos infecciosos. Si los ingerimos, se desarrollan en nuestros cuerpos, con grave riesgo para la salud. Las dos enfermedades más comunes, propagadas por el agua, son la *fiebre tifoidea* y la *disentería*. Donde no llegan los beneficios del agua corriente, es preciso tomar toda clase de precauciones y, en caso de epidemias, hacer hervir el agua, con lo que se elimina el peligro de contagio. Existen vacunas para no contraer la fiebre tifoidea. Otra medida importante, que se toma en las poblaciones que carecen de servicios cloacales, es la construcción –obligatoria– de *cámaras sépticas,* en lugar de pozos ciegos. Con ellas se evita la contaminación de las aguas subterráneas.

10 El agua en los viajes espaciales

De acuerdo con las estimaciones más optimistas, un astronauta necesita de uno y medio a dos litros de agua por día. El problema de su abastecimiento es, entonces, muy serio, pues su transporte en grandes cantidades, para los viajes prolongados, o para las futuras estaciones espaciales –en las que los hombres morarán varios meses–, no es nada fácil de resolver. Los técnicos de la NASA (National Aeronautics and Space Administration: Administración Nacional de Aeronáutica y del Espacio) han estudiado tres posibles fuentes:

a) La combinación del dióxido de carbono, expulsado por la respiración, con un hidróxido para obtener un carbonato y agua.

b) El agua que resulta como efecto secundario de la combinación del hidrógeno con el oxígeno, en las pilas de combustibles que se llevan a bordo.

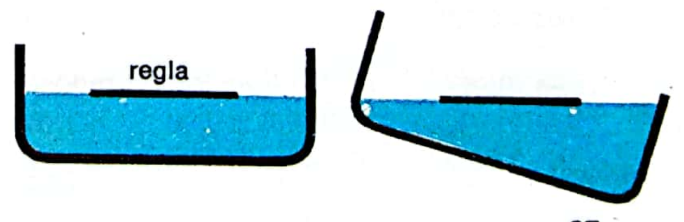
c) La recuperación y posterior regeneración automática de toda el agua expulsada por las secreciones y excreciones del organismo humano: transpiración, orina, heces.

V. Equilibrios y presiones de los líquidos

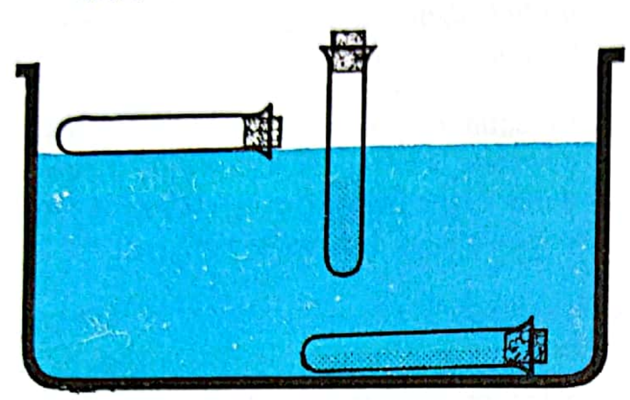
1 Equilibrio de los líquidos

Observaciones y experimentos

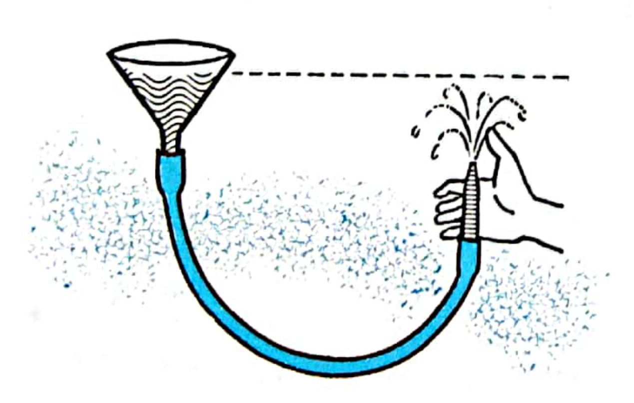
1. En un recipiente plano, como puede ser una palangana, pongamos agua y sobre su superficie libre apoyemos una regla de madera. Inclinemos luego, lentamente, el recipiente: ¿cambia la posición de la regla y de la superficie del agua?



2. En el mismo recipiente o –mejor– en otro algo más profundo, lleno de agua, coloquemos un tubo de ensayo vacío (en realidad, con aire dentro), tapado con un corcho: flotará. Hagamos lo propio con otro tubo lleno de agua y tapado: se hundirá. Si probamos con un tercer tubo, con agua hasta la mitad de su altura, observaremos que sólo se sumergerá en parte, quedando en equilibrio en la masa del agua.



3. Con un embudo, un tubo de goma o plástico y un tubito de vidrio afilado en uno de sus extremos, construyamos el sencillo aparato que muestra la figura. Con un dedo tapemos el extremo afilado del tubito de vidrio y virtamos agua en el embudo, hasta llenarlo. Destapemos el tubito y veremos un hermoso surtidor. ¿Por qué salta el agua?



Inducciones

1. La superficie de los líquidos en reposo es siempre *horizontal* y *plana*. Forma un ángulo recto con la vertical del lugar. Por eso, las superficies del agua y de la regla siguen coincidiendo, sin cambiar su posición horizontal.

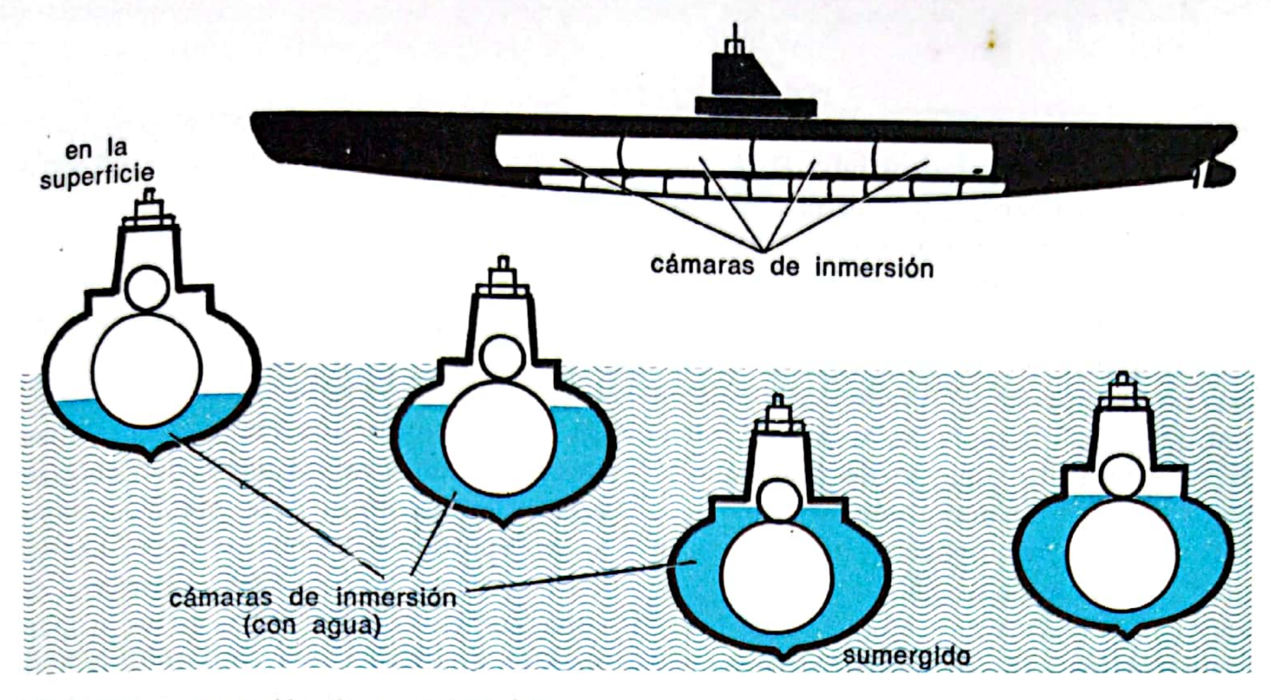
2. Los tres tubos de ensayo con distinta cantidad de agua, y tapados, nos muestran que un cuerpo flota mientras su peso es menor que el del agua que desplaza; se mantiene en equilibrio si su peso es igual al del agua que desplaza, y se hunde si su peso es mayor.

3. Como el embudo y el tubito afilado están comunicados entre sí por medio del tubo de goma, el agua del tubito tiende a alcanzar el mismo nivel que en el embudo. Estando más bajo el tubito, el líquido salta, y si no llega a igual altura que en el embudo es porque la resistencia del aire y la gravedad se lo impiden. ¿Qué relaciones puede establecer con los pozos artesianos?

Aplicaciones

1. El nivel de burbuja de aire se basa en el principio de horizontalidad de la superficie de los líquidos en reposo. Se compone de un pequeño tubo de vidrio, cerrado y un poco curvado, que contiene un líquido y una burbuja de aire. Este tubo está colocado en una base o soporte de madera o de metal. Si la base se inclina, la burbuja de aire se desplaza sobre la superficie del líquido de un extremo a otro; ocupa la parte superior de la curvatura –entre dos marcas– sólo cuando la base está horizontal. Inversamente, entonces, cuando la burbuja se halla entre las marcas, ello indica que la base está apoyada sobre una superficie horizontal.

2. Los submarinos, que navegan perfectamente en la superficie, cuando deben sumergirse llenan de agua los compartimientos destinados especialmente para ello. Así equilibran su peso en rela-



Inmersión y ascensión de un submarino.

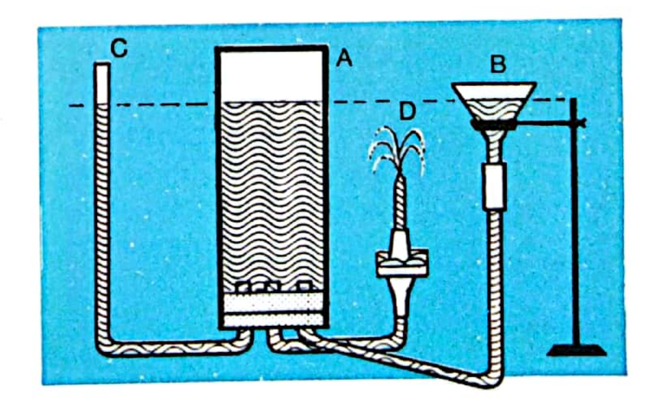
ción al agua que los rodea y, mediante sus timones de profundidad, pueden graduar su inmersión. Los batíscafos, de los que ya hemos hablado, llevan esferas de acero adheridas a su casco por medio de electroimanes. Para subir a la superficie cortan la corriente eléctrica y las esferas se sueltan (se asegura así la subida, en caso de dejar de funcionar los generadores eléctricos).

3. Un huevo de gallina se hunde en el agua corriente porque su peso es mayor que el peso del agua que desplaza. Pero flota en el agua salada porque, a igual volumen, su peso es mayor que el del huevo.

4. Los llamados pozos artesianos, aludidos al hablar de las aguas subterráneas, son un claro ejemplo de que en los recipientes comunicados, el agua alcanza igual nivel en todos ellos. El agua surgente de esos pozos brota y llega a la misma altura de la capa subterránea que lo nutre. Por idéntica razón, los tanques de agua se colocan en las partes más altas de los edificios y los grandes depósitos de agua corriente, con que se abastece a la población de las ciudades, se ubican en las zonas más elevadas de las mismas.

2 Vasos comunicantes

Nuestro pequeño surtidor, los pozos artesianos y los tanques de agua colocados a cierta altura, nos muestran –como queda dicho– que cuando un líquido está contenido en recipientes comunicados entre sí, ese líquido se comporta en una forma muy particular.
Los físicos han estudiado esta cuestión hace muchos años y para observarla bien idearon un dispositivo muy sencillo, que nosotros podemos construir si vemos la figura. Llenando el tubo central (*A*) con agua, el líquido irá pasando a los otros



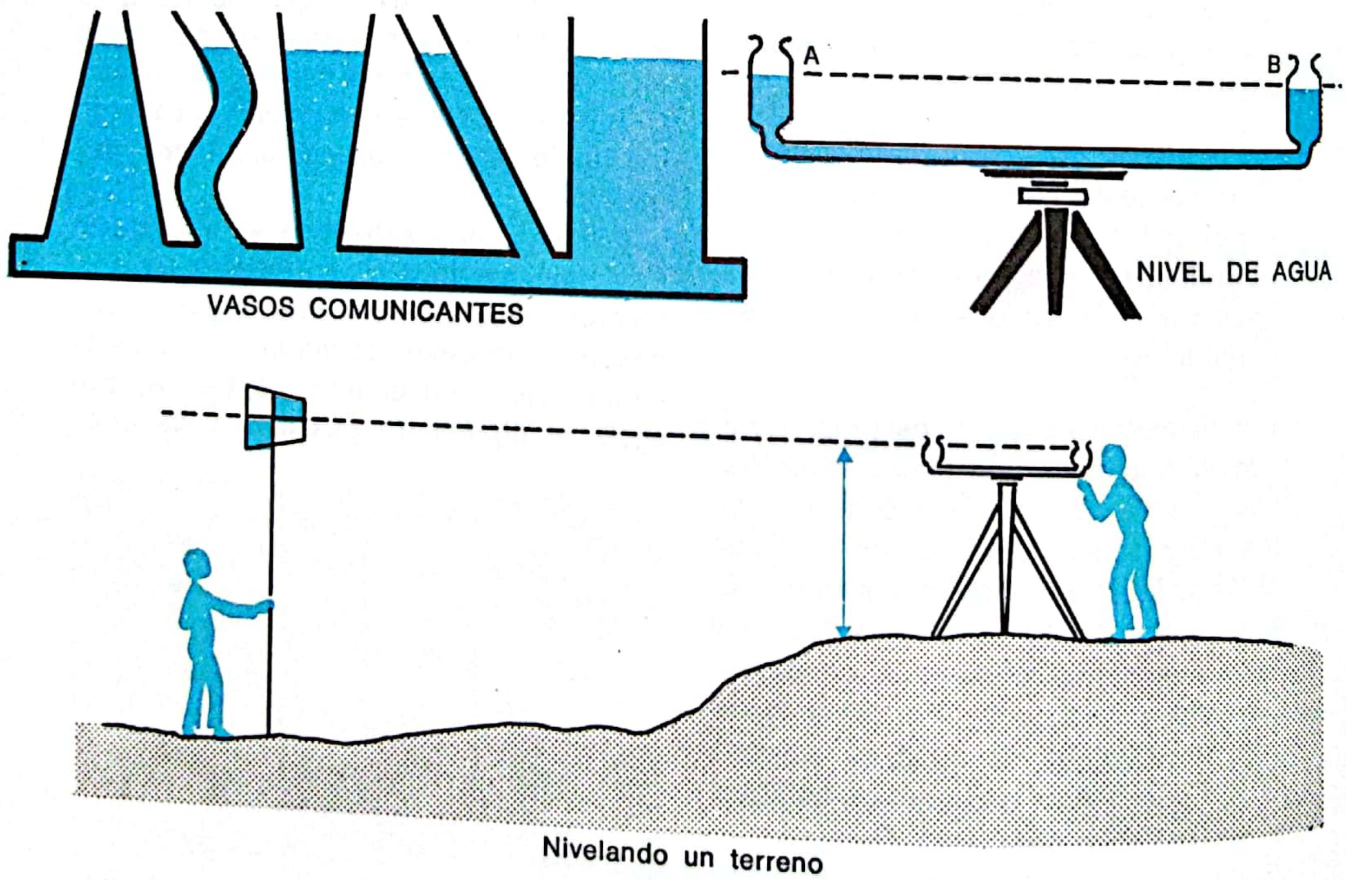
tubos laterales, hasta alcanzar el mismo nivel en *B* y *C*. Como el tubo *D* es más corto, el agua surgirá en un chorro, procurando alcanzar el nivel común, tal como sucedía con el surtidor. El esquema nos muestra los llamados *vasos comunicantes*, unidos en su parte inferior. Cualquiera que sea su número y su forma, todos constituyen un solo recipiente, en el que la superficie libre del agua (o de otro líquido) tiene un nivel horizontal, único.

El océano (o los océanos) representa la gran superficie de equilibrio de las aguas, los mares abiertos que, ampliamente intercomunicados entre sí, ofrecen un nivel común. Los ríos corren por las pendientes del terreno para llegar finalmente al mar, donde hallan su superficie de equilibrio. Este nivel constituye el nivel de referencia para las alturas terrestres o para las profundidades marinas. Los mares interiores, en cambio, y con mayor razón los lagos, tienen su propio nivel, muy variable: el mar Muerto, en Palestina, tiene su superficie a 400 m *bajo* el nivel del mar; el lago Titicaca, entre Perú y Bolivia, se halla a 3 850 m *sobre* el nivel del mar.

3 Nivel de agua

Una aplicación de los vasos comunicantes es el llamado *nivel de agua*, que consiste esencialmente en un tubo metálico curvado en sus dos extremos, en cada uno de los cuales encaja un frasco de vidrio. El agua contenida en el tubo se ve a igual nivel en ambos frascos, indicando la horizontal. Con la visual colocada al ras de ese nivel, se puede calcular el desnivel del terreno.

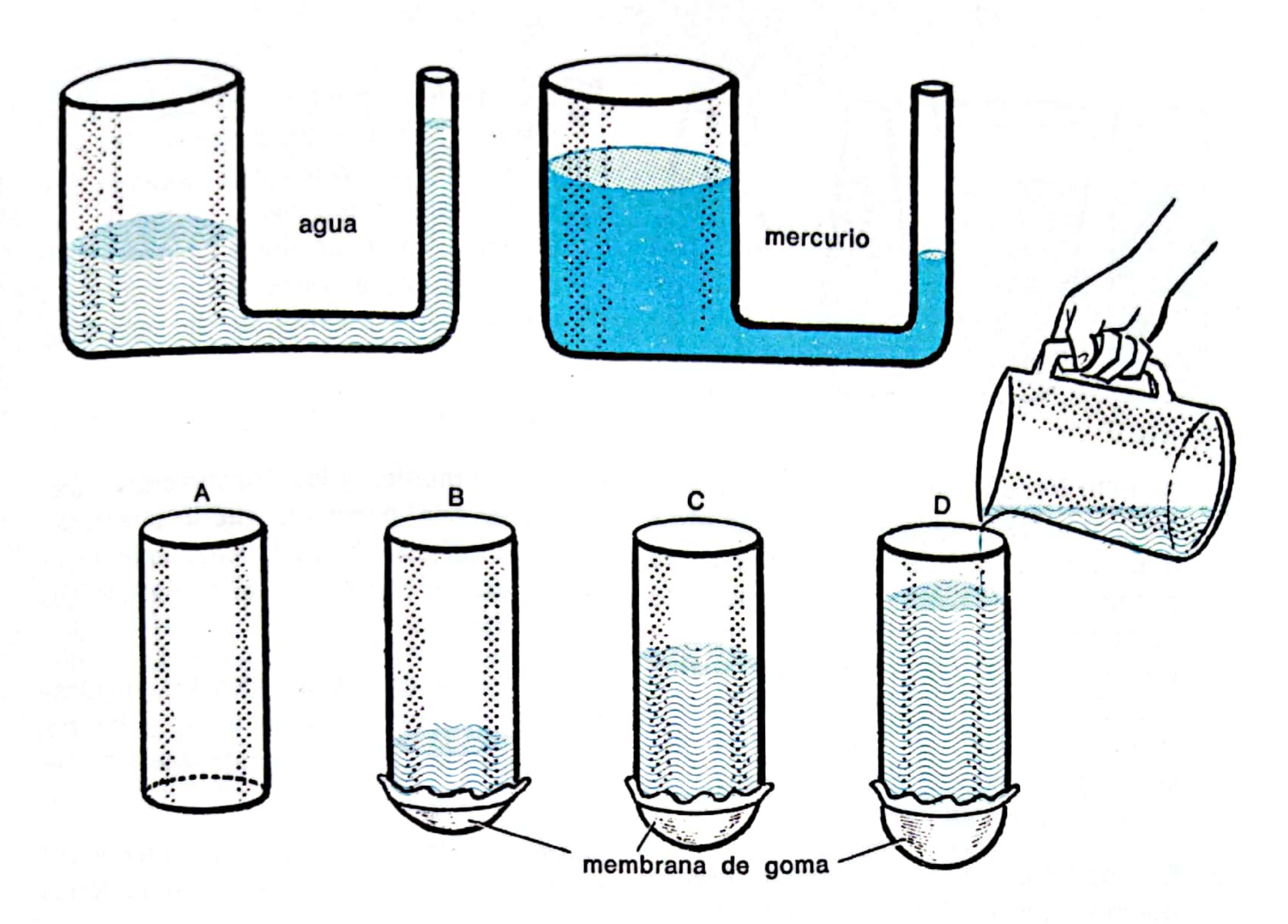
Es fácil construir un nivel de agua con una botella de leche y un par de tubos de vidrio, acodados, como se ve en la figura. Coloreando el agua, se apreciará mejor el nivel común. La línea *AB* es perfectamente horizontal.



VASOS COMUNICANTES

NIVEL DE AGUA

Nivelando un terreno



4 Un tubo capilar nos da una sorpresa

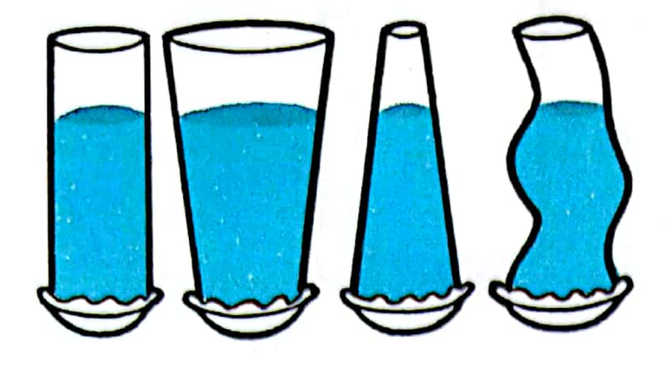
Cuando hablamos de la capilaridad, estábamos lejos de imaginar que fuese un fenómeno tan "extraño" como lo afirmáramos. Un tubo en *U*, con un brazo capilar, nos permitirá observar algo curioso.
Echemos agua en la rama más gruesa y el líquido, claro está, pasará al brazo capilar, pero... subirá hasta un nivel superior. ¿Por qué no se cumple aquí el principio de los vasos comunicantes? ¿Qué pasa si, en lugar de agua, echamos, por ejemplo, mercurio?
Hagamos la prueba. ¡Con el mercurio sucede a la inversa, es decir, el nivel en el brazo capilar es más bajo! ¿A qué obedece, entonces, la diferencia?
El agua moja la pared interior del tubo capilar porque la fuerza de adhesión entre las moléculas de agua y las del vidrio vencen a la fuerza de cohesión entre las moléculas del líquido. El agua se "pega" al vidrio y sube.

Tratándose del mercurio, es la fuerza de cohesión entre sus moléculas la que supera a la fuerza de atracción entre el mercurio y el vidrio; por eso el líquido, en este caso, baja.

5 Presión de los líquidos

Observaciones y experimentos

1. Tomemos un tubo de metal o plástico, abierto en sus dos extremos (*A*), y obturemos una de las aberturas con una membrana delgada de goma. Si echamos agua dentro, a medida que el líquido vaya llenando el tubo (*B*, *C* y *D*), la membrana se irá poniendo cada vez más tensa y aumentará su convexidad. Ello se debe a la presión que el agua (o cualquier otro líquido) ejerce *sobre el fondo* del recipiente, mayor cuanto más alta es la columna de agua.



2. Si utilizáramos tubos de distintas formas, pero de igual base, observaríamos que, cuando la altura del agua es la misma, las membranas de los tubos se combarían exactamente en la misma forma, lo que equivale a decir que la presión del líquido *sobre el fondo* es idéntica en todos. A igual base, la presión no depende de la cantidad de líquido, sino de su altura.

3. En una lata, como las de aceite, practiquemos dos agujeros de igual diámetro, a distinta altura. Llenemos el recipiente con agua; de cada orificio manará un chorro de líquido. ¿Por qué sale el agua por los agujeros? ¿Qué trayectoria siguen ambos chorros? El agua ejerce presión sobre el fondo del recipiente (aunque no lo deforma porque es rígido), pero también ejerce presión sobre sus paredes laterales, razón por la cual el líquido escapa a través de los orificios. En cuanto a las trayectorias, son parabólicas y los chorros alcanzan distancias distintas, impulsados por fuerzas desiguales. La mayor presión produce un chorro que sale con más velocidad y violencia, que se aleja más del pie del recipiente.

Inducciones

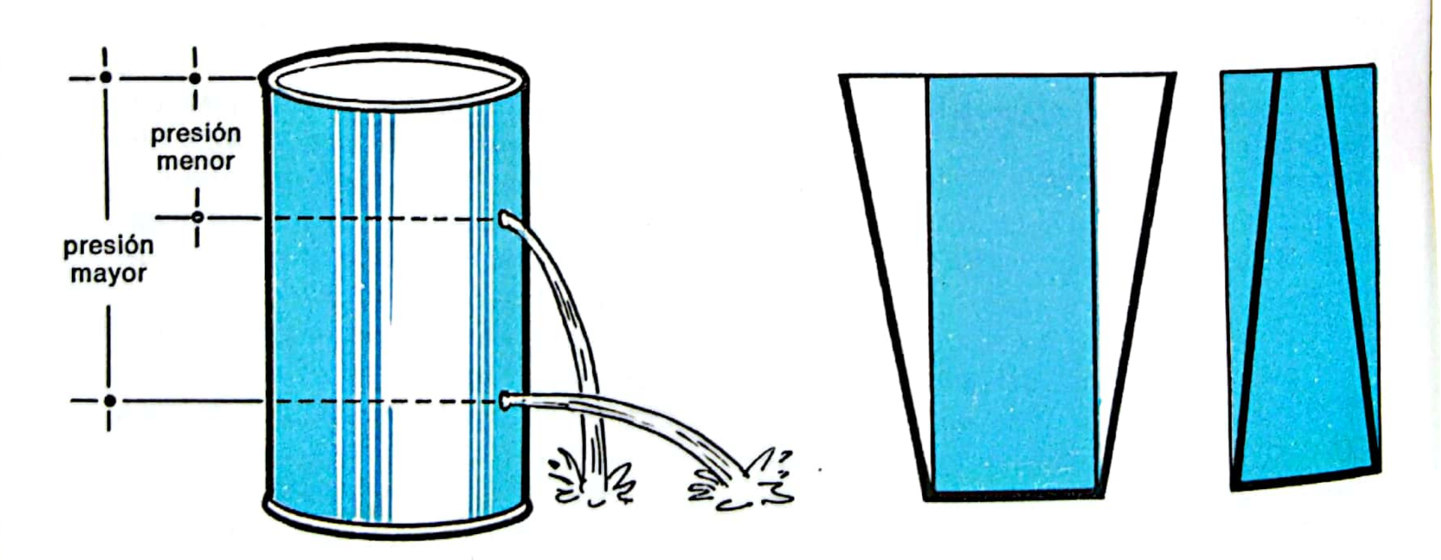
Los experimentos y las observaciones precedentes nos permiten inferir conclusiones que los físicos han podido comprobar con aparatos y medidas más precisas que las nuestras.

El agua –y en general todos los líquidos– ejercen presión sobre el fondo y las paredes laterales del recipiente que los contiene.

La presión de un líquido sobre el fondo del recipiente es independiente de la forma del mismo y de la cantidad.

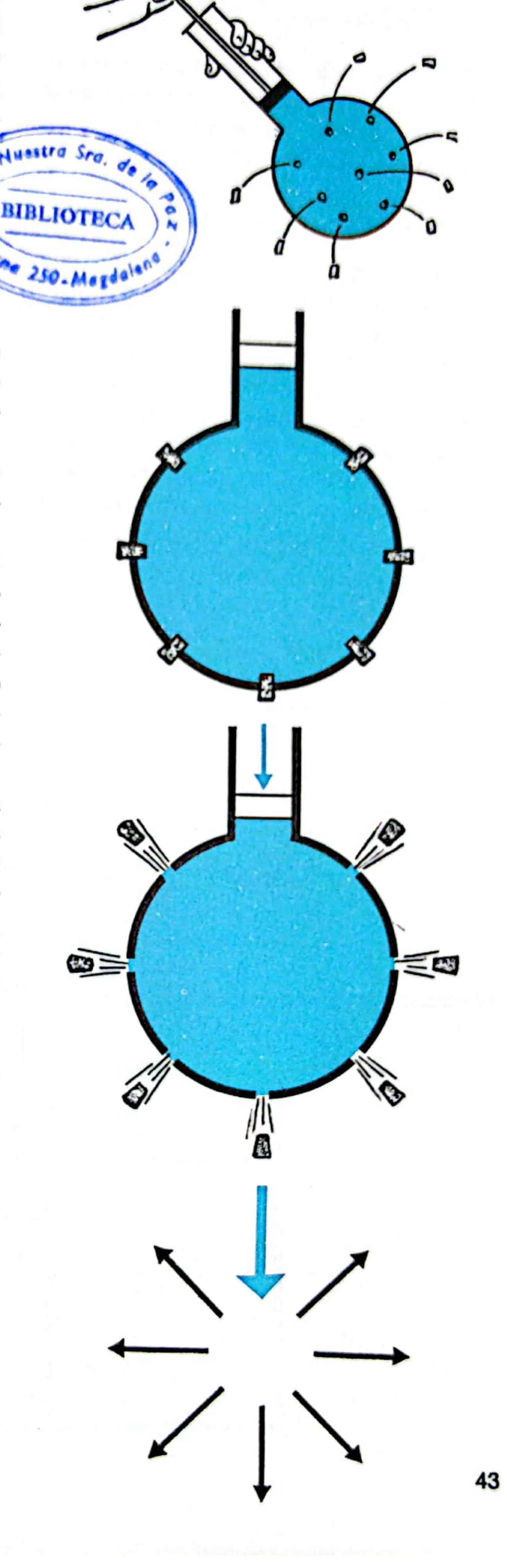
Esa presión depende de la superficie del fondo y de la altura del líquido. Es igual la presión que ejerce una columna del mismo líquido, cuya base es ese fondo y cuya altura es la distancia entre el fondo y la superficie libre del líquido.

Este curioso fenómeno se conoce con el nombre de *paradoja hidrostática.* La pre-



sión hidrostática está relacionada exclusivamente con la diferencia de nivel del líquido. En cifras redondas, cada 10 m de profundidad, la presión del agua aumenta en 1 atmósfera, o sea, en 1 kg por centímetro cuadrado.

6 Principio fundamental



Cuando estudiamos las fuerzas, vimos que un cuerpo sólido transmite la fuerza que se le aplica *solamente en la dirección y sentido* de esa fuerza.
Con los líquidos no ocurre lo mismo. En primer término, no transmiten la fuerza, sino la *presión*.
Pero, ¿qué es la presión? La presión es el efecto que produce una fuerza al ser aplicada sobre una superficie. Como lo advertiremos en seguida, fuerzas muy dispares pueden producir la misma presión, o –lo que es muy interesante y útil– la misma fuerza puede producir presiones diferentes.
Si llenamos con agua un tubo que termina en una esfera con varios orificios (tapados con pequeños corchos) y accionamos el émbolo, al hacer presión sobre la superficie del agua, todos los tapones saltarán al mismo tiempo y el líquido seguirá saliendo en forma de chorros, todos iguales, que llegan a una misma distancia. La presión, ejercida en una sola dirección y sentido, se ha transmitido en múltiples direcciones y muy diversos sentidos.
Hace más de tres siglos, Blas Pascal –que a los doce años asombraba ya con sus conocimientos de matemática– estudió estos fenómenos formulando la teoría que hoy se conoce con el nombre de *principio de Pascal*. El célebre matemático, físico y filósofo francés, lo enunció así: *La presión ejercida en un punto cualquiera de la superficie libre de un líquido, se transmite íntegramente y con igual intensidad en todas las direcciones.*

Cuestionario

1. En un edificio de departamentos, el tanque de agua se halla colocado en la azotea del piso 10º, desde donde el líquido se distribuye a toda la casa. ¿En qué piso recibirán el agua con mayor presión, en el 9º o en la planta baja?

2. Cuando regamos las plantas con una manga (o manguera) de plástico, el agua sale de ella con cierta fuerza. Si queremos que el chorro sea más fuerte, apretamos el extremo libre de la manga, reduciendo la boca de salida. ¿Por qué? Acoplando una lanza a la manguera, podemos graduar el chorro, haciendo que el agua sea expelida con mayor velocidad aún. ¿A qué obedece ello?

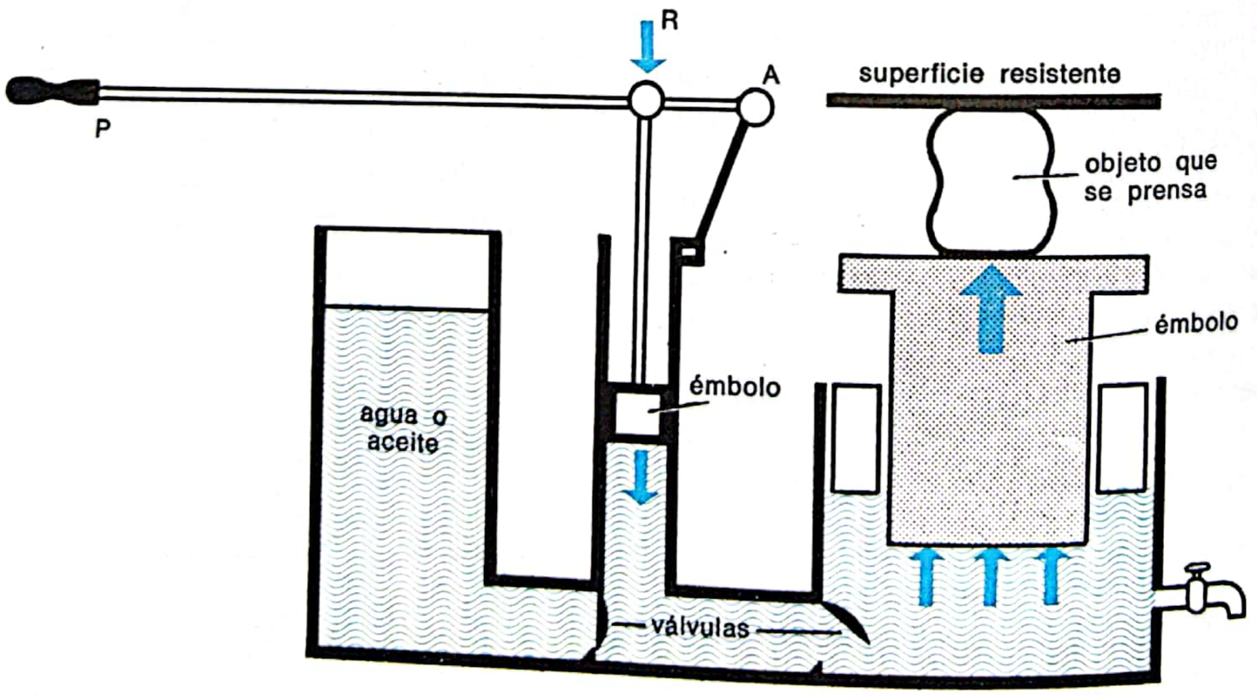
7 La prensa hidráulica

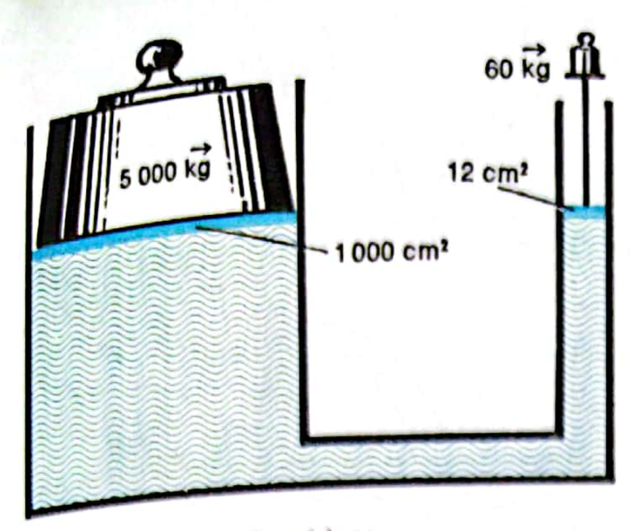
Como los líquidos transmiten la presión en todas las direcciones y sentidos, y como esa presión es proporcional a la superficie sobre la cual actúa la fuerza, se utiliza esta propiedad en el funcionamiento de una máquina que hace más de tres siglos ideara Pascal.

La *prensa hidráulica* es, en esencia, un sistema de dos vasos comunicantes, uno de los cuales es de pequeñísima sección, mientras que el otro es de diámetro mucho mayor. Aplicada una fuerza en el émbolo de sección pequeña, de acuerdo con el principio de Pascal, se recoge una presión grandemente multiplicada en el émbolo mayor. Así, por ejemplo, si la sección del cilindro grande equivale a 50 veces la sección del cilindro pequeño, con una fuerza de 10 $\overrightarrow{kg}$ se consigue una fuerza 50 veces mayor, es decir, de 500 $\overrightarrow{kg}$. La presión que ejerce el émbolo más grande sirve, en estas condiciones, para comprimir cualquier objeto que se coloque entre dicho émbolo y la plataforma superior.

Vamos a expresar el problema en términos matemáticos. Supongamos una prensa cuyo émbolo chico tiene 12 cm^2 de sección y el grande, 1 000 cm^2. Si aplicamos una fuerza de 60 $\overrightarrow{kg}$ en el primero, ¿con qué fuerza presionará el émbolo grande?

Esquema que muestra el funcionamiento de la prensa hidráulica.





I. *Presión émbolo chico:*

$$\frac{60\ \vec{kg}}{12\ cm^2} = 5\ \vec{kg}/cm^2$$

II. *Fuerza obtenida sobre el émbolo grande:*

$$1\,000\ cm^2 \times 5\ \vec{kg}/cm^2 =$$

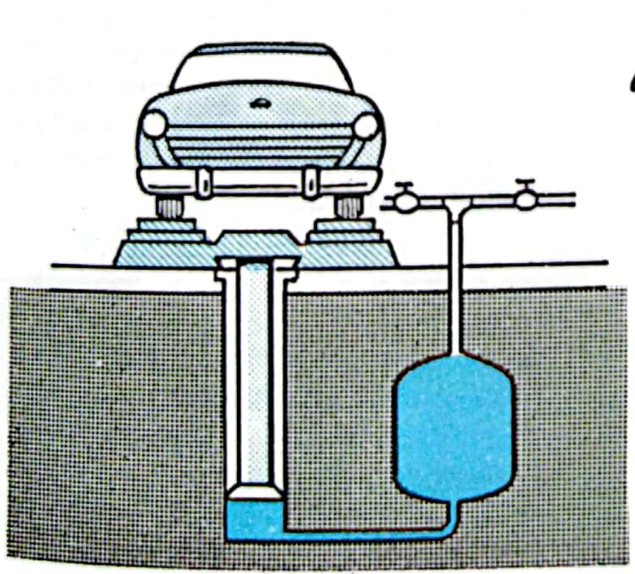
$$= \frac{\overset{1}{1\,000\ cm^2} \times 5\ \vec{kg}}{\underset{1}{cm^2}} = 5\,000\ \vec{kg}$$

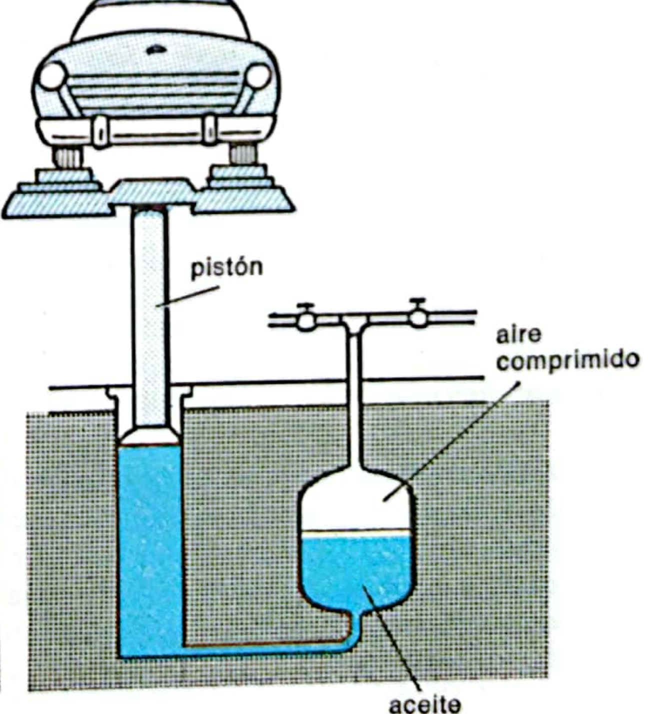
La prensa hidráulica se utiliza para enfardar papel de desecho, lana, pasto, material metálico de rezago; para extraer aceite de las aceitunas y otros frutos; para moldear baldosas; para estampar las carrocerías de los automotores. Tanto los sillones de los dentistas y peluqueros, como los elevadores de automóviles de las estaciones de servicio emplean el principio de la prensa hidráulica. Los paragolpes de las estaciones ferroviarias, los frenos de los automotores, muchos puentes giratorios, los ascensores hidráulicos, son otras tantas aplicaciones.

En los amortiguadores que suavizan la marcha de los vehículos, también se aplica este principio, pero a la inversa, para reducir las fuerzas producidas por los desniveles del terreno o las que se originan en los giros y en las frenadas bruscas.

El principio de la prensa hidráulica no sólo tiene validez para el agua (como parece indicarlo su propio nombre), sino también para todos los líquidos. Por eso, la mayoría de los aparatos y dispositivos que

Una aplicación del principio de Pascal: el elevador hidráulico.



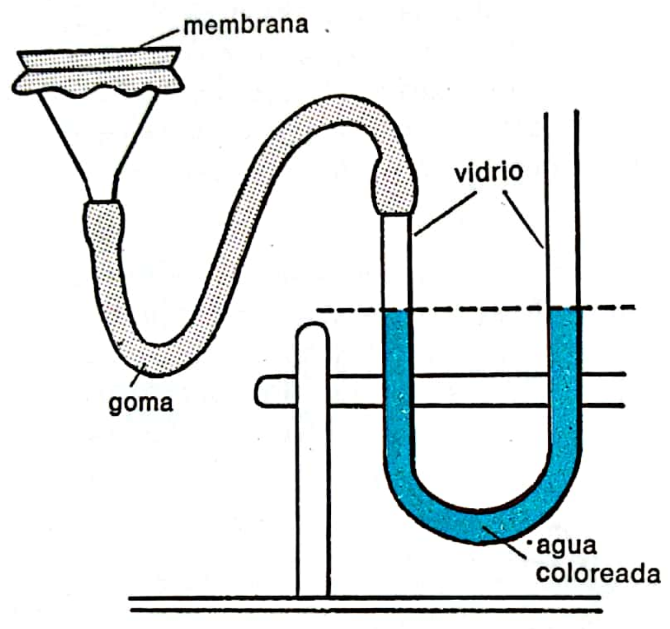


hemos mencionado funcionan con aceite, glicerina y mezclas especiales, y no con agua.

8 Trabajos de aplicación

I. Construcción de un manómetro de aire libre

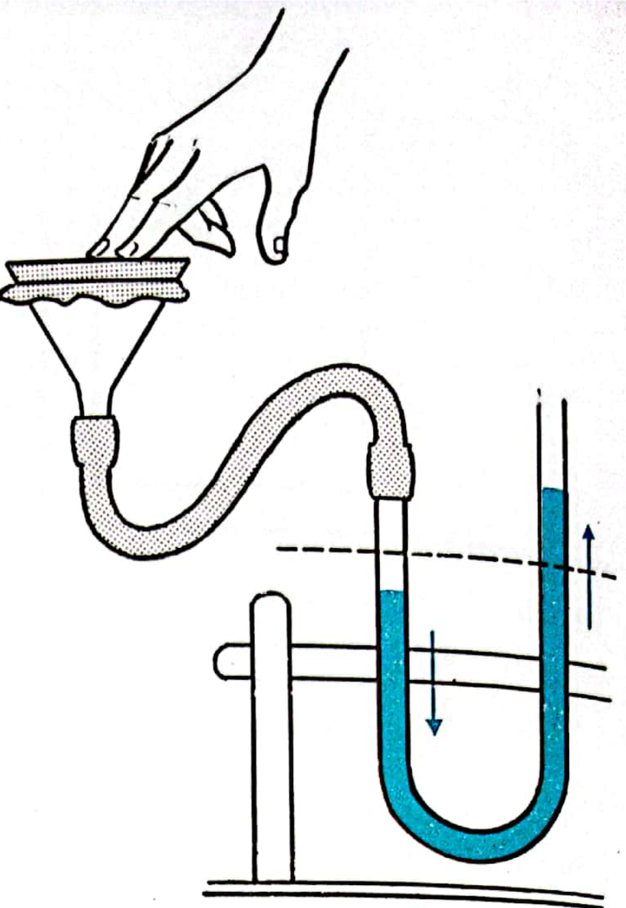
Con un tubo rígido, de vidrio o plástico, en forma de *U*; un cañito flexible de goma o plástico; un embudo y un trozo de goma elástica (como la de los globos), armemos un dispositivo análogo al de la figura.



Cubriremos la boca ancha del embudo con la membrana de goma, de modo que quede bien ajustada, pero sin estirarla demasiado, y sujetaremos el tubo en *U* a un soporte metálico o de madera.

Observaciones y experimentos

1. Antes de enchufar el embudo en el cañito de goma, echemos un poco de agua coloreada en el tubo en *U*. De acuerdo con el principio de los vasos comunicantes, alcanzará igual nivel en las dos ramas.

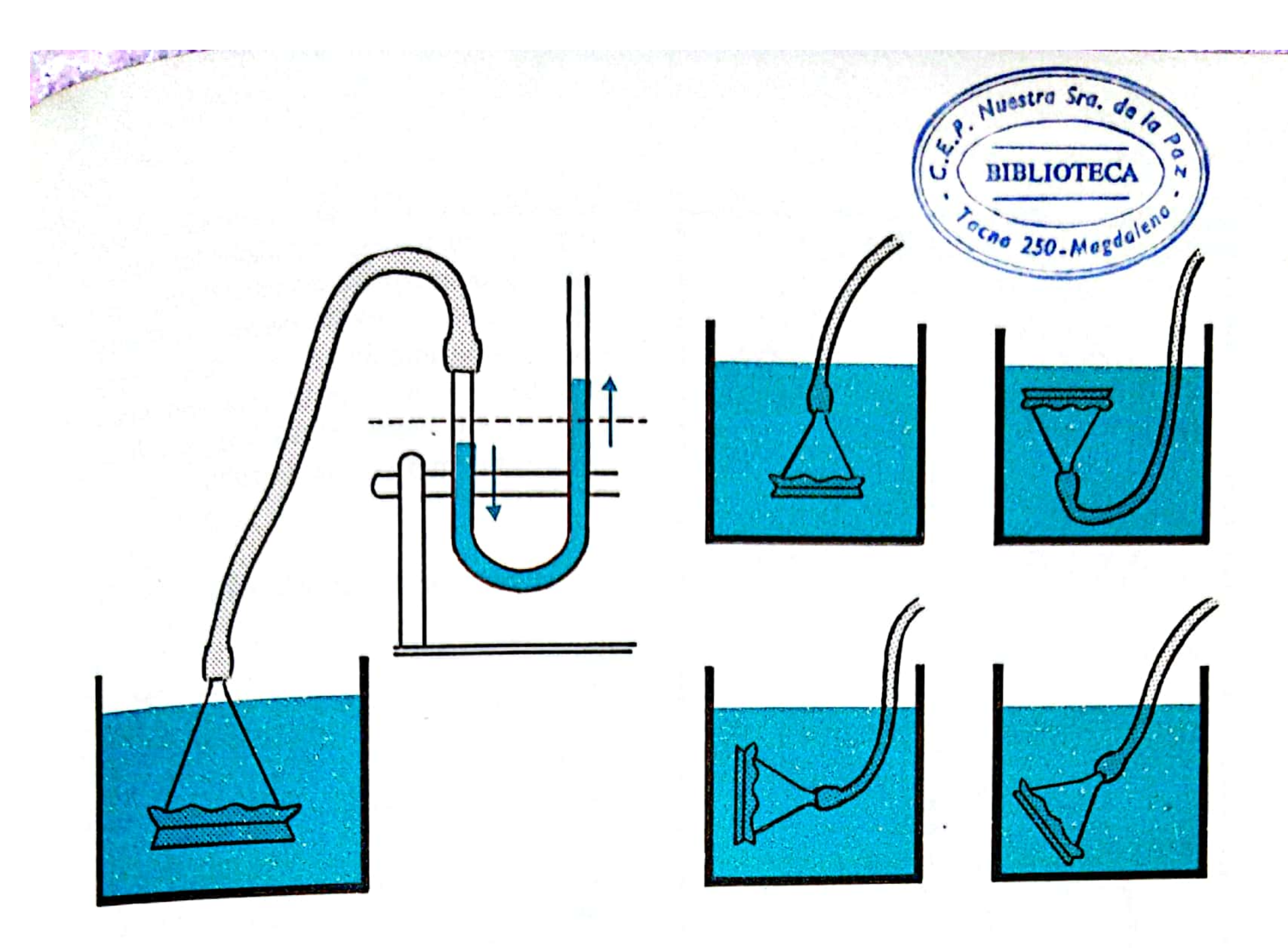


2. Si presionamos con los dedos la membrana que cubre el embudo, el agua coloreada bajará en la rama más cercana al embudo, mientras que en la otra, sube. Lo mismo ocurre si colocamos el embudo en cualquier posición no vertical.

3. Introduzcamos el embudo en un recipiente con agua. A medida que lo hundimos, el agua coloreada asciende en la rama libre del tubo en *U*. También en este caso, no importa la posición del embudo dentro del recipiente. El efecto es el mismo si lo sumergimos verticalmente (con su boca hacia abajo o hacia arriba), horizontalmente o en forma inclinada.

Inducciones

1. Es evidente que al hundir con la mano la membrana del embudo, ésta –que es elástica– sufre una pequeña deformación, empuja al aire y el aire transmite la presión al agua coloreada, haciéndola subir en la rama opuesta.



2. Al introducir el embudo en el recipiente con agua, es ésta la que ejerce la presión inicial, en reemplazo de la mano.

3. Estando el embudo en el aire, la presión de nuestra mano se ejercía en cualquier posición en que se lo colocara. Sumergido en el seno del agua, comprobamos que la presión que el líquido ejerce se manifiesta también en cualquier posición del embudo, y que aumenta a mayor profundidad.

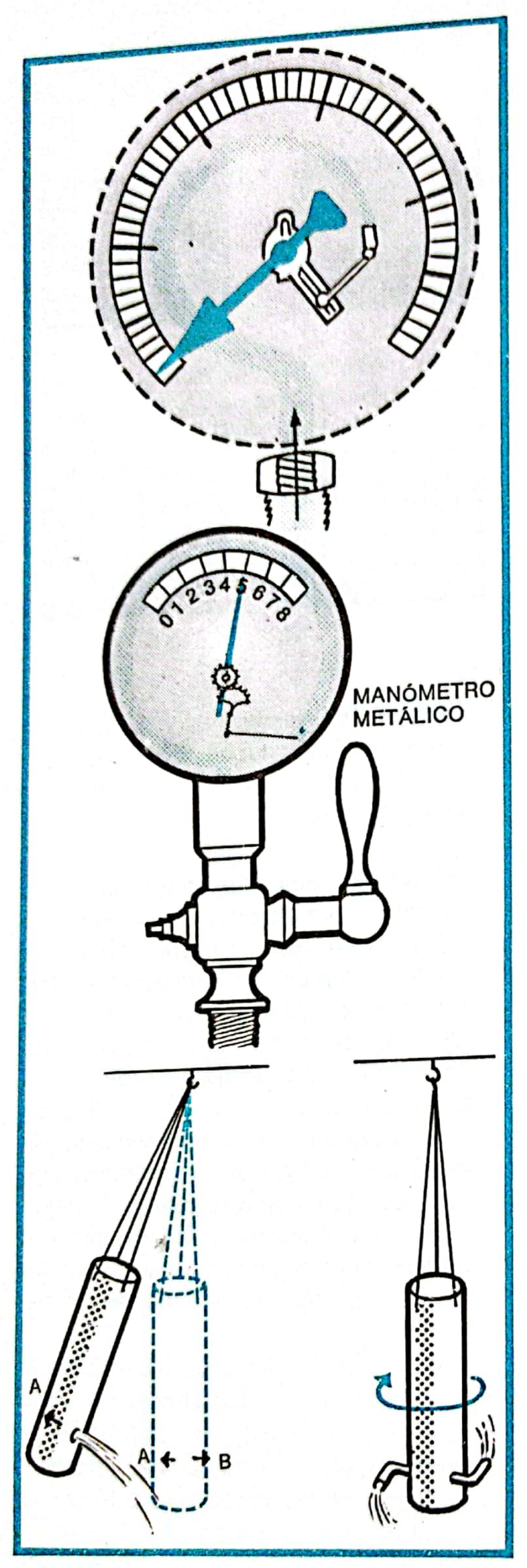
4. Resulta, en consecuencia, que todo cuerpo sumergido en un líquido está sometido a la presión que el peso de éste genera, presión que varía con la profundidad y se ejerce en todas las direcciones y sentidos.

Aplicaciones

1. Nuestro aparato recibe el nombre de *manómetro.* Con él es posible medir la presión de los líquidos, como hemos visto. A los distintos desniveles que se producen en las dos ramas del tubo en *U,* se les asignan valores patrón o unidades, que luego permiten, por comparación, medir las presiones registradas.

2. Los manómetros (del griego *manós* = = ligero, poco denso + *metron* = medida) son instrumentos usados principalmente para medir las presiones de los gases contenidos en los recipientes. Los hay de *mercurio, abiertos* como "nuestro" manómetro, o *cerrados,* en los cuales la extremidad libre deja de serlo, pues termina en una pequeña cámara de aire que se comprime a medida que la presión aumenta. También existen manómetros *metálicos,* muy comunes, cuyo funcionamiento es semejante al de los barómetros metálicos.

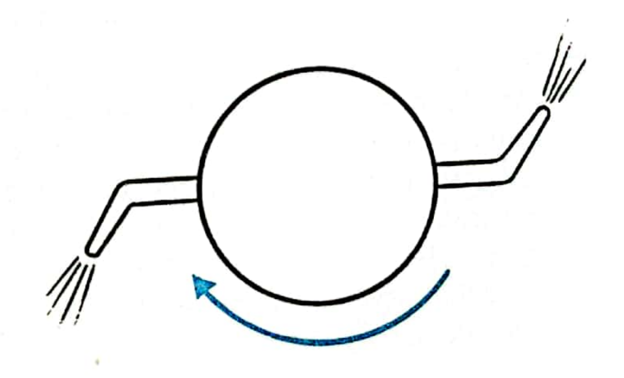
3. Las calderas de las máquinas de vapor y las autoclaves están provistas de manómetros que indican visiblemente la presión que soportan. Los automovilistas usan el manómetro para medir la presión de los neumáticos.



4. El aparato para tomar la presión o tensión sanguínea, que utilizan los médicos, es también un manómetro calibrado en centímetros de mercurio. Puede ser, efectivamente, de mercurio, pero actualmente se han generalizado mucho los metálicos, de uso más cómodo, especialmente por su tamaño.

II. Construcción de un molinete hidráulico

1. Practiquemos un agujero cerca de la base de una lata cilíndrica y, luego de obturarlo con un tapón de corcho o plástico, colguemos la lata de un soporte cualquiera. Llenemos el recipiente con agua y, cuando esté en posición vertical, retiremos el tapón. Saldrá un chorro de agua y el cilindro se desplazará en sentido contrario al del chorro.



2. Realizado el experimento anterior, volquemos el resto de agua de la lata, y hagamos en ella un segundo agujero, en lugar diametralmente opuesto y a igual altura. Enchufemos en cada orificio un tubo acodado, con el extremo libre afilado, orientados ambos en sentido contrario. Armado así el aparato, llena de agua la lata, y suspendida nuevamente del soporte, observaremos que la salida del líquido determina la rotación del cilindro, que gira en sentido

inverso al de los chorros. Como los hilos que sostienen el recipiente se han ido enrollando, al terminarse el agua volverán a su posición inicial, dando origen a una nueva rotación, esta vez en sentido contrario a la producida por el agua.

Inducciones

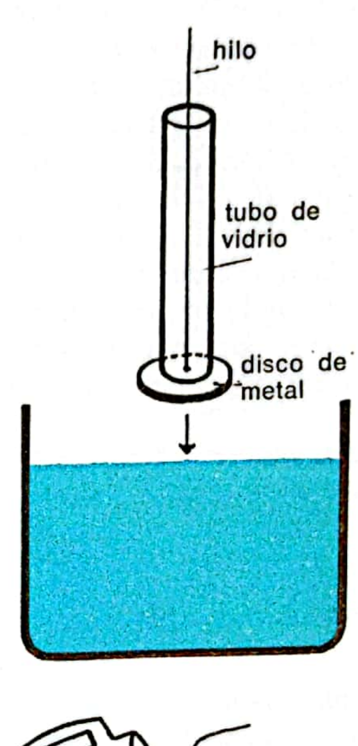
1. El desplazamiento lateral del cilindro con un solo agujero se produce debido a la presión lateral del líquido contenido en la lata. Cuando el orificio está tapado, esa presión se ejerce por igual en los sentidos *A* y *B*, por ejemplo, ayudando a mantener el equilibrio en la posición vertical. Pero al descargarse el agua por el agujero *B*, la presión sobre esa porción de pared no existe más debido a que ya no existe más la porción *B* de la pared. En estas condiciones, la presión sobre *A* empuja al recipiente, sacándolo de la vertical, por la sencilla razón de que no hay presión que la contrarreste en *B*.
2. En el *molinete hidráulico,* como se llama a nuestro segundo dispositivo, ocurre algo análogo. La salida del agua por los tubos acodados hace perder presión sobre algunos puntos de la pared interior del cilindro y la reacción obliga al aparato a girar en sentido contrario al de los chorros.

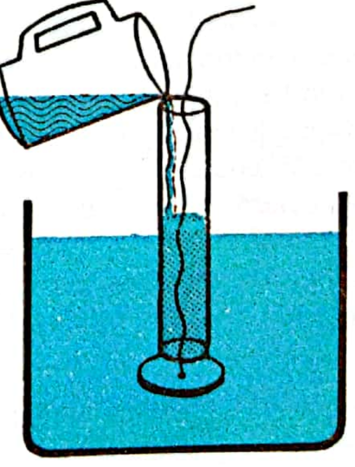
VI. El principio de Arquímedes

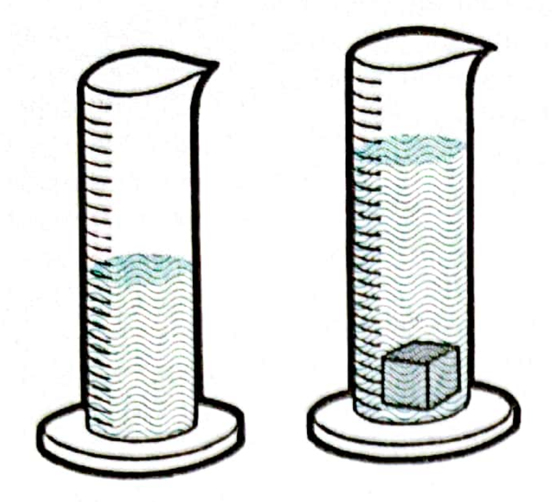
Primera observación

1. Mediante un tubo de vidrio abierto en sus dos extremos, un pequeño disco metálico (de diámetro ligeramente mayor que el tubo), un trozo de hilo y un recipiente con agua, armemos el dispositivo representado en la figura.
2. Si sumergimos el tubo en el agua, comprobaremos que ésta sujeta al disco de metal contra el borde inferior del tubo. Suavemente, echemos agua en el tubo ya sumergido. Llegará un momento en que la adhesión del disco al tubo es vencida. En ese instante, el peso del agua vertida en el tubo equilibra el valor del empuje que el disco recibe –de abajo hacia arriba– del agua contenida en el recipiente. Por lo tanto, inferimos:

Todo cuerpo sumergido recibe un empuje de abajo hacia arriba.







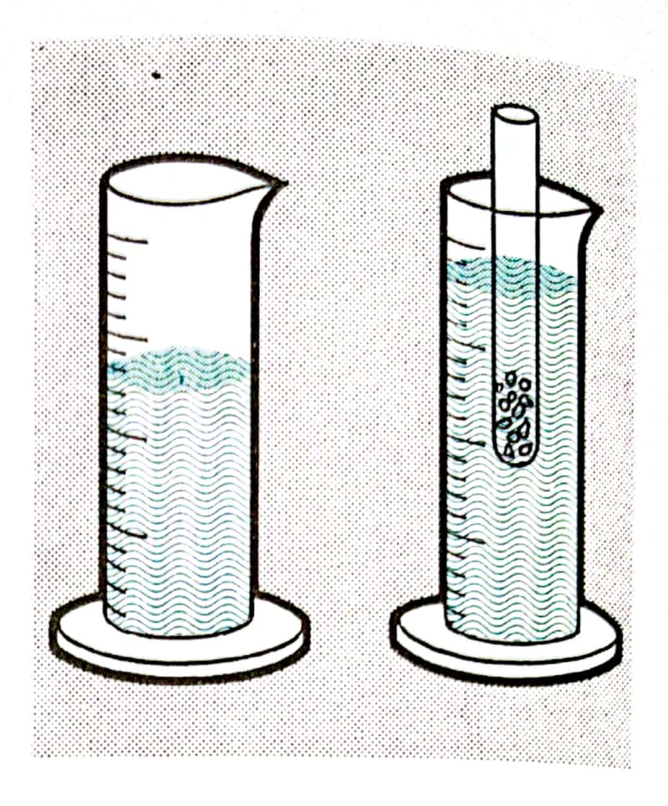
Segunda observación

Cuando en un vaso con agua introducimos un cuerpo no soluble, observamos que el nivel del líquido sube. Si el vaso está lleno hasta el borde, al colocar el cuerpo, el agua se derrama. Utilizando una probeta graduada, e introduciendo un cuerpo con forma geométrica determinada (un cubo, un prisma, por ejemplo) comprobaremos que la diferencia del nivel del agua coincide exactamente con el cálculo matemático del volumen del cuerpo sumergido. En consecuencia, podemos afirmar:

Todo cuerpo sumergido desaloja una cantidad de agua igual a su volumen.

Tercera observación

En un tubo de ensayo echemos unas municiones de plomo (o un poco de mercurio o arena), a modo de lastre. Pesemos todo en una balanza: supongamos que sean 10 g. Coloquemos el tubo dentro de una probeta con agua. Por efectos del lastre, el tubo flotará verticalmente, sumergiéndose sólo una parte. Si medimos la diferencia de nivel en el agua de la probeta, verificaremos que ella es exactamente de 10 cm³, pues –tratándose de agua corriente o pura– esos 10 cm³ pesan 10 $\vec{g}$. Por consiguiente:



El empuje que todo cuerpo sumergido en agua recibe, de abajo hacia arriba, es igual al peso del agua desalojada.

1 Enunciación del principio de Arquímedes

Hace 22 siglos –250 años antes de Cristo– uno de los sabios más famosos de la antigua Grecia, Arquímedes, advirtió que cuando se bañaba, al sumergirse en el agua, ésta lo empujaba hacia arriba. Todos lo habrían observado, sin duda, pero sólo él dio al "descubrimiento" un carácter científico.

Reuniendo las conclusiones a que hemos llegado luego de las tres observaciones precedentes, y refiriéndolas, en general, a cualquier líquido, podemos enunciar el célebre principio de Arquímedes:

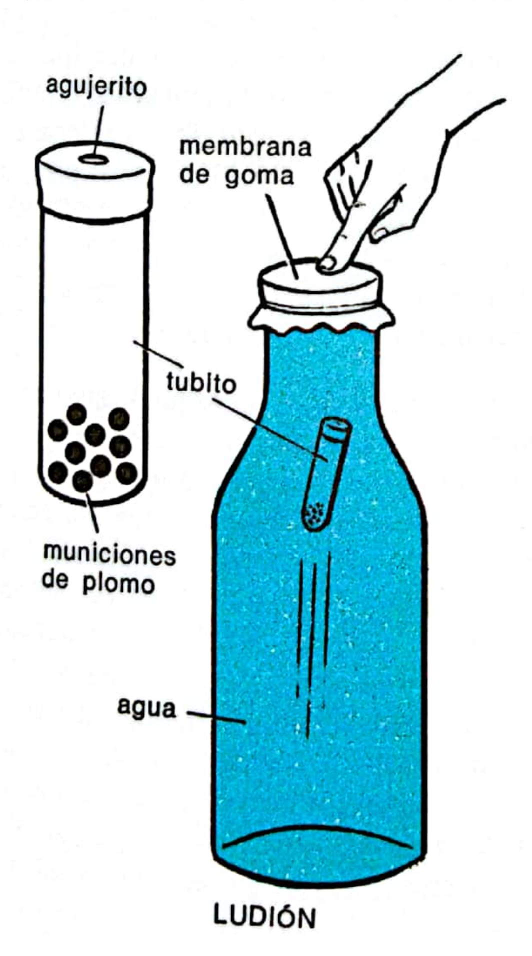
Todo cuerpo sumergido en un líquido recibe un empuje, de abajo hacia arriba, igual al peso del líquido desalojado.

2 Trabajo de aplicación: el ludión

En un pequeño tubo de vidrio coloquemos, a modo de lastre, algunas municiones de plomo. Lo cerramos con su tapita de plástico, a la que previamente habremos practicado un agujerito. En estas condiciones, probamos si flota verticalmente en el agua, casi sin sobresalir de ella. Si le cuesta hundirse, agregaremos otras municiones; en cambio, si se hunde del todo y no flota, le sacaremos las bolitas que sea necesario.

Llenemos con agua un frasco de boca algo ancha (puede ser una botella de leche), de modo que el líquido llegue al ras del borde. Pongamos el tubito dentro de la botella y tapemos ésta con una membrana elástica, como puede ser la goma de un globo o de una cámara de fútbol, atándola fuertemente al cuello de la botella. Introduzcamos, invertido, el tubito lastrado.

El aparato así construido se llama *ludión*.



LUDIÓN

Presionando un poco la membrana con los dedos, el tubito desciende, quedando en equilibrio o suspendido en medio de la masa de agua. Si aumentamos la presión, el tubito llega hasta el fondo. Pero si dejamos de hacer presión, el tubito vuelve a flotar. ¿A qué obedece este curioso comportamiento?

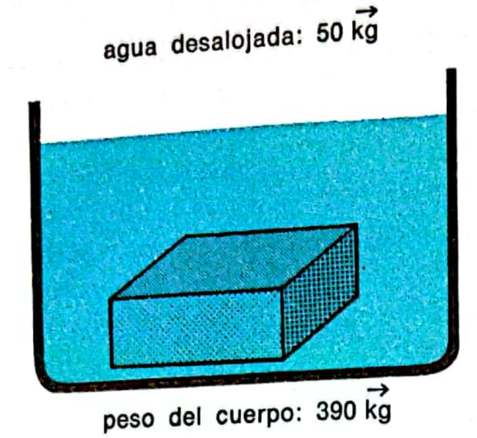
Recordemos que entre la superficie libre del agua y la membrana que tapa la botella dejamos una pequeña capa de aire. El tubito flota en el agua porque recibe de ésta un *empuje* superior a su peso. Al presionar la membrana, comprimimos aquella capa de aire y la presión se transmite al líquido de la botella haciendo que penetre en el tubito a través del pequeño agujero de su tapa.

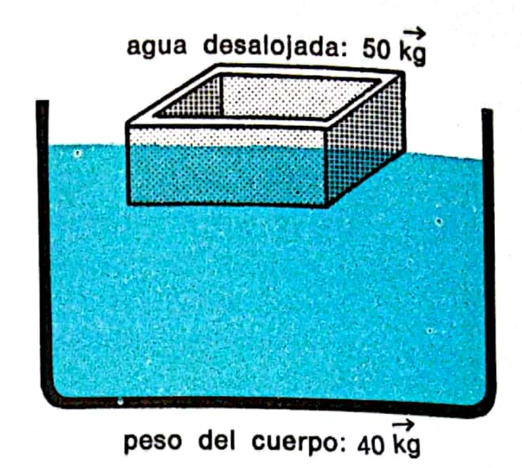
Con agua en su interior, el tubito es más pesado que antes: ahora su peso es *mayor que el empuje* que recibe de abajo hacia arriba, y, por consiguiente, se hunde. Al presionar la membrana con más fuerza, entra más líquido al tubito y ya no se queda en medio de la masa de agua, sino que se va al fondo. Pero, podemos preguntarnos, ¿por qué vuelve a subir cuando no presionamos más la membrana?

Mientras existe la presión, el agua entra en el tubito comprimiendo el aire de su interior. Al no haber presión, ese aire comprimido vuelve a su volumen normal y expulsa al líquido intruso, con lo cual el tubito tiene nuevamente su peso inicial: por eso flota.

3 ¿Por qué se hunde un trozo de hierro y no un barco construido con toneladas del mismo metal?

Más de una vez nos habremos formulado esta pregunta, quedando perplejos ante la aparente contradicción. Sin embargo, la explicación es fácil y sencilla –como ocu-





rre con todos los fenómenos de la naturaleza– cuando se conocen sus causas.

Arquímedes probó que un cuerpo sumergido en un líquido recibe de éste un empuje igual al peso del líquido desalojado por el cuerpo. Si, por ejemplo, el volumen de un cuerpo es de 50 dm³, al ser sumergido en agua desplazará 50 $\vec{kg}$ de agua; recibirá, por lo tanto, un empuje, de abajo hacia arriba, de 50 $\vec{kg}$.

Supongamos que los dos prismas representados en la figura son de hierro y tienen igual tamaño, pero uno es macizo y el otro hueco. El macizo pesa 390 $\vec{kg}$ y desplaza 50 $\vec{kg}$ de agua: *se hunde.* El segundo pesa 40 $\vec{kg}$ y desplaza 50 $\vec{kg}$ de agua: *flota.*

Es decir, si el cuerpo desaloja 50 $\vec{kg}$ de agua y sólo pesa 40 $\vec{kg}$, tiene a su favor la diferencia y entonces flota, porque el empuje que recibe del agua es mayor que su peso . Por el contrario, si desaloja 50 $\vec{kg}$ de agua y pesa 390 $\vec{kg}$, se hunde.

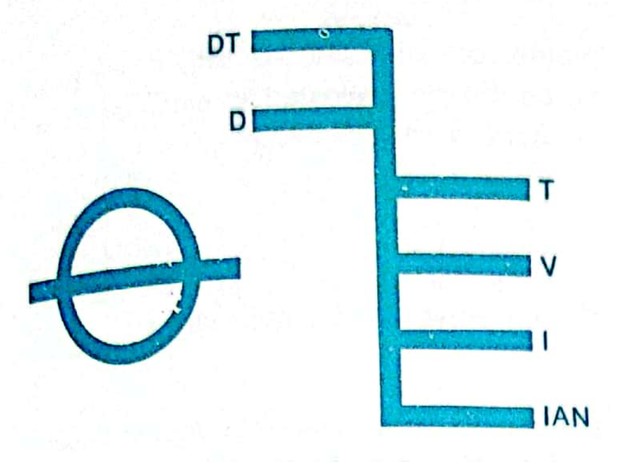
Lo mismo ocurre con una botella de vidrio, llena de agua. Colocada sobre el agua de un recipiente, se va al fondo; vacía, en cambio, se mantiene a flote. En ambos casos, llena o vacía, la botella recibe el mismo empuje del agua, pues siempre desplaza igual volumen de líquido. Cuando está llena, el peso supera al empuje, hundiéndose. Si está vacía (llena de aire, en realidad), el peso es menor que el empuje y flota.

4 Los barcos y la navegación

Exactamente eso sucede con los barcos, de cualquier porte que sean. Vacíos, o con su carga máxima normal, el empuje del agua que desplazan supera al peso total, que no sólo es el de las gruesas chapas de acero con que han sido construidos, sino que comprende también las máquinas, calderas, obra muerta, carga, los tripulantes y pasajeros.

Cuando un barco lleva la carga máxima que le permiten sus bodegas, sobresale poco del agua; cuando viaja con las bodegas vacías, está notablemente levantado con respecto a la superficie del agua. Un barco desplaza 10 000 toneladas, por ejemplo, cuando desaloja 10 000 m³ de agua. En todo momento, el peso del agua desalojada por la parte sumergida, o empuje, equilibra el peso total del navío.

Si observamos con alguna atención un barco, veremos que en su casco, aproximadamente a igual distancia de la popa y de la proa, hay unas marcas pintadas en ambas bandas (llamadas *franco bordo*) que indican la línea o plano de flotación, por encima de la cual debe emerger el buque con la carga máxima. Esas marcas son obligatorias en los barcos mayores de 150 toneladas y señalan la línea de flotación en distintas regiones del globo y diferentes estaciones del año, tanto en el mar como en agua dulce. Las letras significan:



TD: línea de carga *tropical* de agua *dulce*.
D: línea de carga de agua *dulce*.
T: línea de carga *tropical* de agua salada.
V: línea de carga de *verano*.
I: línea de carga de *invierno*.
IAN: línea de carga de *invierno* para el *Atlántico Norte*.

Del valor del franco bordo depende la seguridad del buque en el mar.

En todo barco pueden considerarse dos centros de gravedad. Uno, que llamaremos simplemente *centro de gravedad* (*G*), lo es de todo el navío; el otro, que denominaremos *centro de empuje* (*E*), es el centro de gravedad de la porción sumergida de la nave, considerada aisladamente.

Para asegurar la estabilidad de un barco, debe tenerse en cuenta una condición fundamental: el centro de gravedad tiene que quedar lo más bajo posible, de modo que, en toda circunstancia, el centro de empuje se halle por encima de aquél (o, a lo sumo, a igual altura). En estas condiciones, cuando la nave se inclina sobre una de sus bandas, tiende a retomar su posición vertical primitiva.

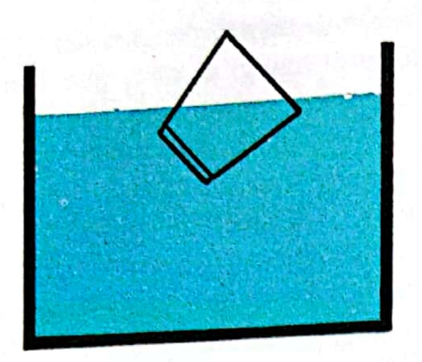
Para bajar el centro de gravedad, el barco lleva en su parte inferior, de popa a proa, una enorme y pesada pieza –la quilla–, donde se asienta toda su armazón. Además, es en las partes más bajas donde se instalan las grandes máquinas y se disponen las bodegas, en las que se estiban las cargas, es decir, todo aquello que significa el mayor peso de la nave.

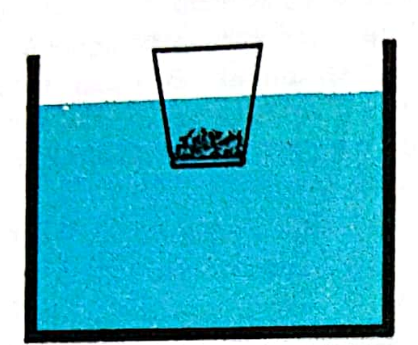
E
E
G
E
G
E

El equilibrio se establece cuando el centro de empuje se halla arriba del centro de gravedad

G: gravedad
E: empuje

popa
proa
plano de flotación.



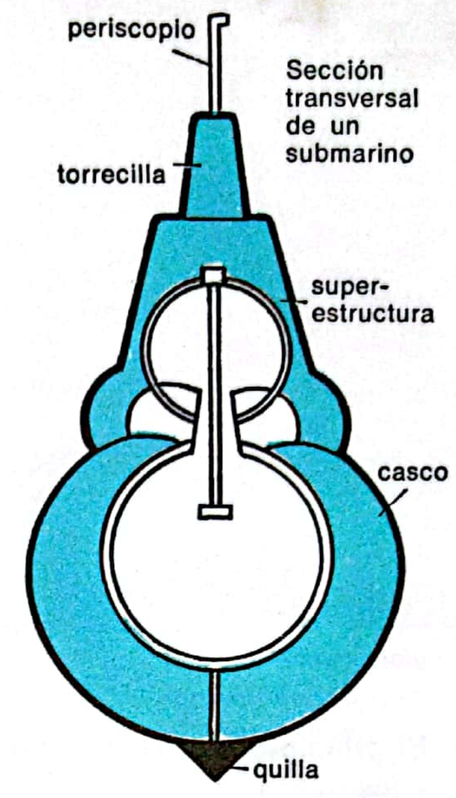


Nos será fácil comprenderlo si realizamos una prueba objetiva. Tratemos de hacer flotar un vaso, colocándolo en un recipiente con agua. Lo más probable es que no se mantenga en posición vertical, sino que pierda su estabilidad, inclinándose de manera que el agua penetrará en él. Si lo lastramos, poniéndole unas municiones de plomo, por ejemplo, conseguiremos bajar su centro de gravedad y, entonces sí, se mantendrá verticalmente.

5 La navegación submarina

Los submarinos son naves diseñadas para poder navegar tanto en la superficie como a cierta profundidad, aunque en rigor de verdad, su misión específica, como barco de guerra, es hacerlo sumergidos, ocultos a la mirada de los enemigos. Su forma de huso o de cigarro (forma hidrodinámica) facilita su veloz desplazamiento en cualquier circunstancia.

En los submarinos se observa con claridad el principio de Arquímedes. Su casco es hueco y su espacio interior está dividido en numerosos compartimientos, algunos de los cuales son los tanques especiales para agua y aire. Cuando navega en superficie, los tanques llenos de aire hacen que el peso del barco sea inferior al em-



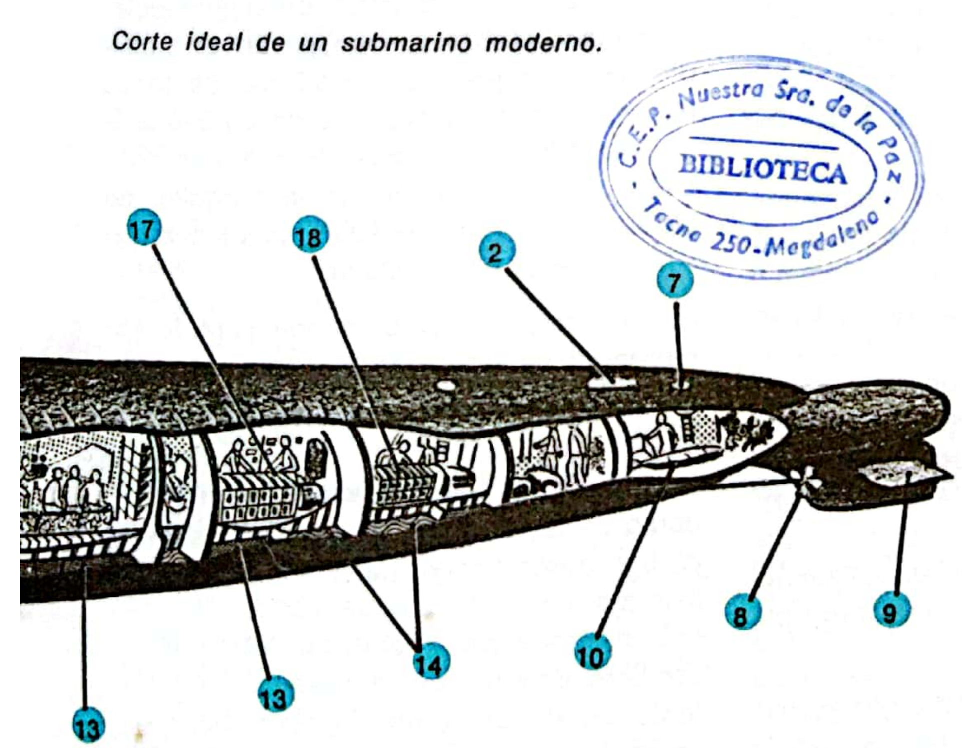
puje que recibe del agua, y por eso flota. Para sumergirse, el submarino llena sus tanques con agua, y el mayor peso –superior al empuje– lo hace descender, graduando su inmersión mediante los timones horizontales o de profundidad. El regreso a la superficie se consigue desalojando el agua de las cisternas.

El periscopio es un instrumento óptico que, cuando el submarino navega en aguas poco profundas, emerge del agua y permite escudriñar todo el horizonte.

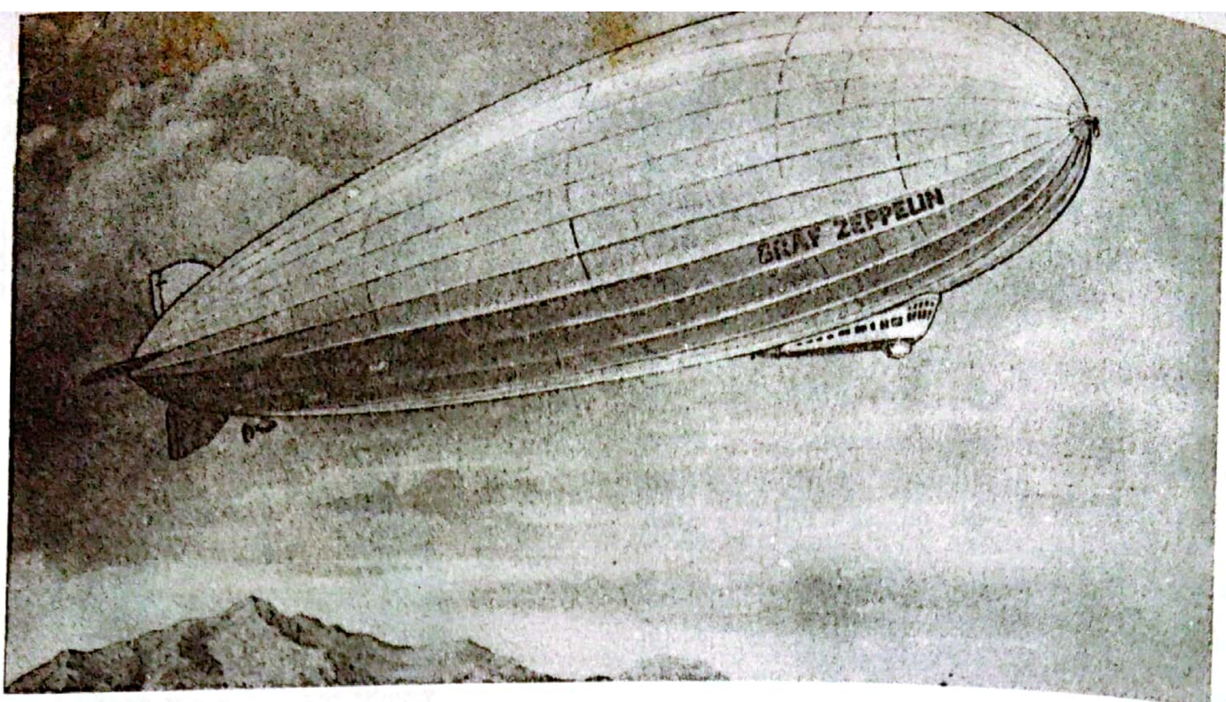
Los submarinos convencionales están propulsados por motores de combustión interna, Diesel, utilizados en la navegación de superficie. Por falta de aire, estos motores no pueden funcionar estando el navío sumergido, razón por la cual en esas condiciones se ponen en marcha los motores eléctricos. Pero los acumuladores que les suministran energía deben ser periódicamente recargados, haciendo necesario el ascenso después de un tiempo relativamente breve.

Actualmente existen submarinos propulsados por energía nuclear, haciendo posible el desarrollo de altas velocidades y, sobre todo, las larguísimas travesías sin salir a la superficie. Ya hemos mencionado el caso, por ejemplo, del *Nautilus*, sumergible nuclear estadounidense, que pasó del océano Pacífico al Atlántico navegando por debajo de la capa helada que cubre los mares del polo norte y algunos han dado la vuelta al mundo sin emerger.

Corte ideal de un submarino moderno.



1 – tubo de lanzamiento
2 – baliza de señalamiento
3 – puente
4 – periscopio
5 – radar y antenas de radio
6 – torrecilla
7 – escotilla de escape
8 – hélice
9 – timón
10 – cámara de torpedos
11 – blindaje interior
12 – blindaje exterior
13 – tanque de combustible
14 – tanque de lastre
15 – sonar
16 – sala de radio
17 – sala de máquinas
18 – sala de motores
19 – sala de control



Dirigible rigido.

6 El principio de Arquímedes y los gases

Lo mismo que ocurre en los líquidos, con referencia al empuje de abajo hacia arriba, sucede en los gases. Todo cuerpo situado en la atmósfera (o en el seno de otro gas cualquiera) recibe un empuje, también de abajo hacia arriba, igual al peso del aire (o del gas) que desaloja. Esto equivale a afirmar que el principio de Arquímedes se cumple tanto en los líquidos como en los gases, es decir, en todos los *fluidos*.

La *navegación aerostática* se basa pues, como la acuática, en el principio del sabio griego. En 1783, los hermanos Esteban y José Montgolfier, fabricantes franceses de papel, tuvieron el mérito de elevar públicamente, en la ciudad de Annonay, el primer globo lleno de aire caliente. El aeróstato ascendía debido a que su peso era menor que el empuje que recibía de la atmósfera. Los globos de ascensión libre se fueron perfeccionando paulatinamente, utilizándose el hidrógeno y el gas de alumbrado para llenarlos.

En las primeras décadas del siglo actual, la navegación aerostática tuvo un amplio desarrollo, especialmente con la aparición de los globos dirigibles, que podían gobernarse determinando la dirección del vuelo. Se los proveyó de hélices accionadas por livianos pero poderosos motores, capaces de imprimir al globo una velocidad superior a los 50 km/h, con la que se podía vencer el impulso de los fuertes vientos.

Los dirigibles se usaron con fines deportivos y militares; ayudaron en la exploración polar y constituyeron un espectacular y hermoso medio de transporte. El incendio del más grande y moderno de todos ellos, ocurrido en 1937, limitó su uso a fines científicos y bélicos. Según hemos dicho, con la invención de la barquilla de cierre hermético, en 1932, se alcanzaron alturas hasta de 34 000 m.

Hoy se emplean globo-sonda para la exploración de las diversas capas de la atmósfera, en relación con el pronóstico del tiempo.

Los aparatos *más livianos que el aire*, como se les llama a los distintos tipos de globos aerostáticos, han dado paso a los aviones, en todas sus versiones, aparatos *más pesados que el aire*, que aseguran un perfecto dominio de la navegación aérea, tanto desde el punto de vista comercial como el militar, pero su sustentación obedece a principios físicos diferentes.

7 La sospecha de Hierón

Hierón, tirano de Siracusa –ciudad milenaria de Sicilia, hoy Italia– encargó a un joyero la confección de una corona maciza de oro y plata, entregándole a tal efecto un lingote de cada uno de esos metales preciosos. Cuando le entregaron la corona comprobó que su peso correspondía exactamente al del metal entregado . . . pero entró en sospechas de que hubiera habido fraude en la confección, reemplazando, por ejemplo, parte del oro por igual peso de cobre.

Llamó a Arquímedes, que había nacido y vivía en Siracusa, y le pidió que disipara sus dudas. Preocupado el sabio por resolver este problema (el tirano lo amenazó con cortarle la cabeza si no lo lograba), no dejaba un instante de pensar en la corona. Fue en tales circunstancias cuando, al bañarse, tuvo la exacta noción del principio que lleva su nombre, y al que ya hemos aludido. "¡Eureka! . . . ¡Eureka! . . ." (en griego, "¡Lo encontré! . . . ¡Lo encontré!"), exclamó Arquímedes, al hallar la solución tan anhelada.

Ahora la cuestión de la corona nos resulta fácil. En efecto, basta comparar el volumen de agua que desplaza el metal entregado al joyero, con el volumen que desplaza la corona. Si hay coincidencia –como ocurrió con la corona de Hierón– no hay fraude, pero si se comprueba alguna diferencia, ésta indica una evidente sustitución de metales pues, a igualdad de peso, dos cuerpos de distinto peso específico no pueden desplazar el mismo volumen de agua.

Veamos, por ejemplo, cuál es el volumen de un lingote macizo de oro que pesa $1\ \vec{kg}$, y cuál es el que correspondería a un objeto, también de $1\ \vec{kg}$, pero confeccionado con medio kilogramo de oro y otro medio kilogramo de cobre.

Comencemos calculando el volumen de $1\ \vec{kg}$ de oro y de $1\ \overleftarrow{kg}$ de cobre:

$$V\ (\text{oro}) = \frac{\text{peso}}{\text{peso específico}} = \frac{1\ \vec{kg}}{19{,}2\ \vec{kg}/dm^3} = 0{,}052083\ dm^3 = 52{,}083\ cm^3$$

$$V\ (\text{cobre}) = \frac{1\ \vec{kg}}{8{,}5\ \vec{kg}/dm^3} = 0{,}117647\ dm^3 = 117{,}647\ cm^3$$

Si el objeto se hubiera fabricado con medio lingote de oro y medio lingote de cobre (medio kilogramo de cada metal) el volumen final hubiese sido:

$$\frac{(52{,}083 + 117{,}647)\ cm^3}{2} = 84{,}865\ cm^3$$

En consecuencia, el objeto confeccionado con medio kilogramo de oro y medio kilogramo de cobre, pesará –efectivamente– 1 kg, pero desplazará un volumen de agua bastante mayor que si fuera exclusivamente de oro: $84{,}865\ cm^3$, en lugar de $52{,}083\ cm^3$.

VII. El agua y la vida

1 El agua es imprescindible

Hemos visto que sin oxígeno no hay vida . . . salvo los pocos casos de seres de respiración anaerobia o fermentación. Ahora diremos –y con mayor razón, pues no existen excepciones– que el agua es absolutamente indispensable para la vida. Sin ella no habrían animales ni plantas sobre la Tierra. Cuando la sequía es intensa, los vegetales se agostan, los animales mueren. Solamente algunos organismos inferiores (como las bacterias, los

protozoarios, rotíferos, esponjas de agua dulce) pueden enquistarse y entran en un período de vida latente, hasta el retorno de las condiciones favorables. Las semillas y esporas, agentes de diseminación de los vegetales, representan también estados de vida latente, debido a su sequedad; cuando absorben agua comienzan a germinar. Los lepidosirenes, peces que habitan en los esteros de varias regiones de América, susceptibles de secarse, cuando falta el agua se hunden en el barro y respiran el aire atmosférico por la vejiga natatoria, a la espera de la lluvia para renacer a la vida acuática, respirando entonces por branquias.

El agua es la bebida por excelencia. Además, constituye las tres cuartas partes del peso de nuestro cuerpo, es decir, el 75 %, porcentaje aún mayor en los niños, y más acentuado todavía en los lactantes. En algunos animales –las medusas, por ejemplo– el agua forma hasta el 98 % del peso. Con las verduras sucede otro tanto: en términos generales, tienen entre un 80 y un 90 % de agua. Si se las deseca al calor de una estufa, es asombrosa la pequeña cantidad de materia seca que dejan.

La desecación de las sustancias orgánicas y su posterior mantenimiento en el vacío constituye la técnica moderna para conservar los alimentos. Los productos absolutamente secos, guardados al vacío en recipientes metálicos (latas) o en bolsos de polietileno, no se descomponen porque los microorganismos que producen esa descomposición no pueden subsistir sin agua.

2 Difusión

Observaciones y experimentos

1. Coloquemos un poco de agua en un tubo de ensayo (o un vaso pequeño) y dejemos escurrir por su pared interna unas gotas de tinta de cualquier color. Al encontrarse el agua con el colorante, éste se *difunde* por todo el líquido, coloreándolo uniformemente. Si agitamos el tubo, la difusión es inmediata.

2. En el fondo de otro tubo de ensayo coloquemos unos cristales de sulfato de cobre. Vertiéndola suavemente, echemos agua en el tubo, hasta la mitad de su altura. Al cabo de cierto tiempo, el agua irá tomando una coloración azul, cada vez más homogénea. Con unos cristales de permanganato de potasio, en cambio, obtendremos una solución violeta; con bicromato de potasio el tinte será amarillo anaranjado.

3. En un tubo de ensayo con agua hasta la mitad echemos unas gotas de hidrato de sodio (o de hidrato de potasio). Luego dejemos resbalar por la pared del tubo tres o cuatro gotas de una solución de fenolftaleína (reactivo para las bases). El agua enrojece rápidamente en su parte superior solamente, situación que se mantiene así durante mucho tiempo si tenemos cuidado de no agitar el tubo. Pero la fenolftaleína se difunde rápidamente en el agua si agitamos un poco, y toda la masa líquida se colorea de rojo.

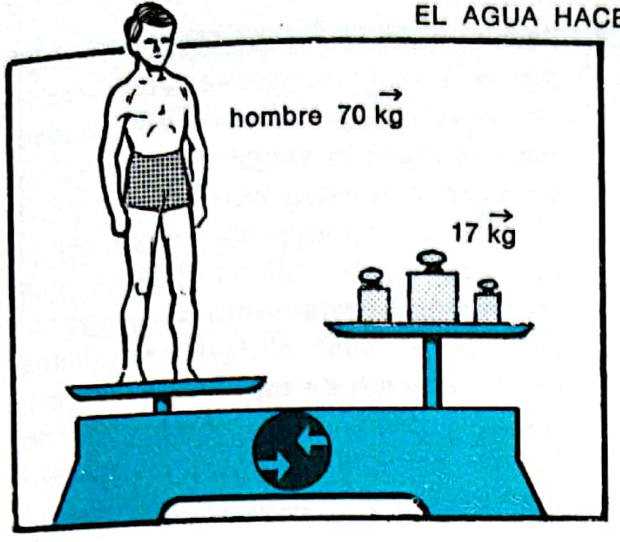
4. No solamente en los líquidos se produce la difusión. Los gases también se difunden en la atmósfera, por ejemplo. ¿Cómo podríamos probarlo?

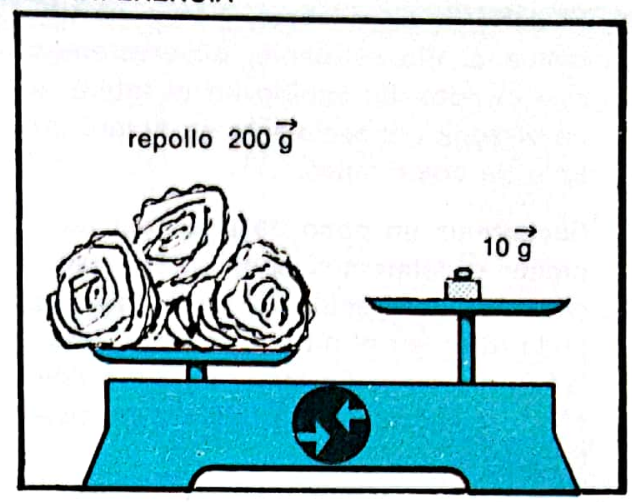
Aplicaciones

1. ¿Para qué se revuelve la pintura en el recipiente donde se la prepara?

2. ¿Para qué se revuelve el café con leche cuando le echamos el azúcar?

3. Si se arroja una gota de tinta sobre un secante, la tinta se esparce y al presionarla con otro papel, puede formar extrañas figuras. Se acentúa el efecto si se emplean tintas de varios colores.





4. Si dejamos en remojo ropa blanca con ropa de color, a veces la primera aparece manchada o teñida de color. ¿A qué se debe?

5. ¿Por qué en muchas ocasiones percibimos en cualquier lugar de nuestra casa el olor de la comida preparada en la cocina? ¿Por qué captamos a distancia un perfume? ¿Por qué un "olor a quemado" nos denuncia un principio de incendio que ocurre en otra parte? ¿Cómo se explica que un olor desagradable o nauseabundo nos indica la presencia, no muy lejana, de un cuerpo en descomposición?

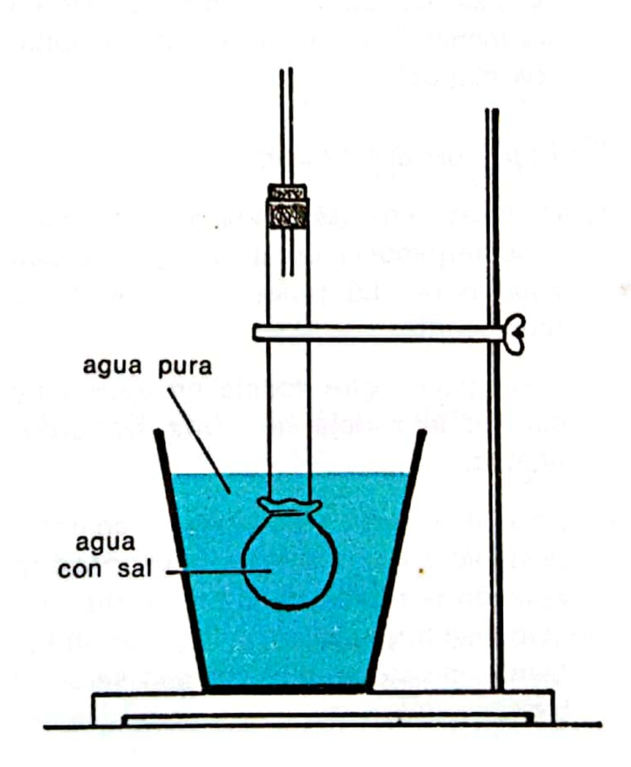
3 Ósmosis

Observaciones y experimentos

1. Utilizaremos un tubo de vidrio abierto en sus dos extremos; puede ser uno de los que sirven para las lámparas de queroseno; cerraremos uno de los extremos del tubo con una vejiga de cordero. una tripa de vaca humedecida o un trozo de polietileno. Será necesario atar fuertemente esta membrana alrededor del tubo para asegurar un cierre hermético. Más simplemente se puede unir al tubo de pequeño diámetro, una bolsa de polietileno.

2. A continuación introduciremos el tubo en un recipiente con agua, de manera que la membrana que cierra uno de los extremos quede sumergida en el líquido.

3. Llenaremos el tubo al ras con agua salada y coloreada de rojo con tinta y lo taparemos con un corcho perforado por el cual pasará un tubito de pequeño diámetro, de modo que pueda observarse el enrase del líquido.



4. Al cabo de unas horas, y más visiblemente al día siguiente, observaremos que el agua ha subido en el tubito, y en el agua del recipiente se notará un tinte de color rojizo.

5. Sacaremos un poco de agua del recipiente y dejaremos caer en ella unas gotas de una solución de nitrato de plata (disolver el nitrato en agua destilada). La solución mostrará un precipitado blanco lechoso (cloruro de plata) que ennegrece con la luz.

Inducciones

1. Ha pasado agua del recipiente al tubo.
2. Ha pasado tinta del tubo al recipiente y también sal, como lo prueba la reacción del nitrato de plata.
3. Las membranas que rodean a las células se comportan de manera análoga. A través de ellas, entre el interior de la célula y el medio líquido que las baña, se producen continuas corrientes osmóticas, de entrada unas (endósmosis), de salida otras (exósmosis).
4. Los intercambios respiratorios y nutritivos se realizan por ósmosis a nivel de las membranas celulares de los epitelios respectivos.

Trabajos de aplicación

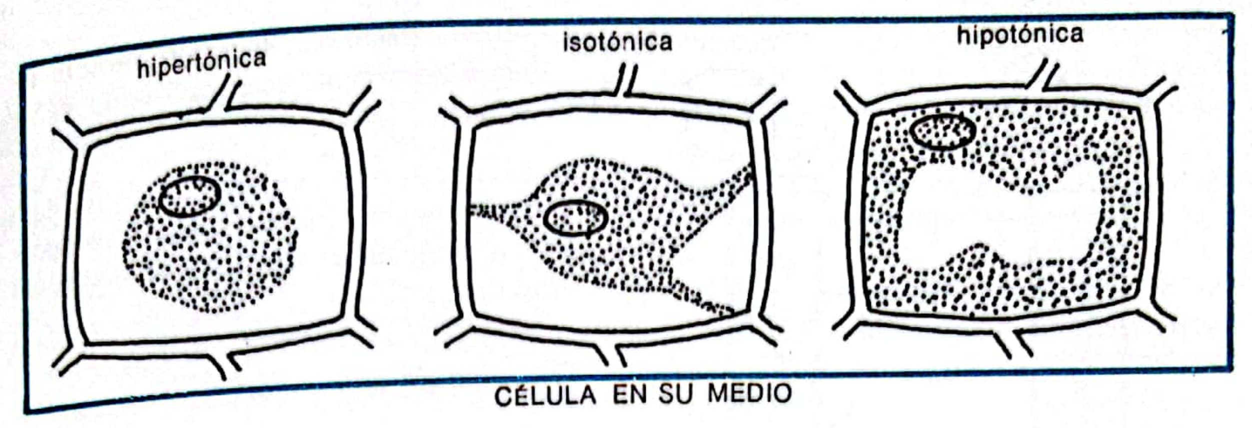
1. Cortemos una rebanada de remolacha y sumerjámosla en un recipiente con agua pura. La rodaja se pone dura, turgescente.
2. Sumerjamos otra rodaja en agua muy salada; la rodaja se pone fláccida, blanda.
3. ¿A qué se debe este desigual comportamiento? En el primer caso, penetra agua en la rodaja de la remolacha, poniéndose turgescente y rígida; en el segundo, pierde agua y por ello se pone blanda y marchita.
4. Para realizar esta experiencia necesitaremos sangre de gallina recién sacrificada; aprovechemos la oportunidad para recoger la sangre, una parte en un vaso con agua pura, y otro poco en un vaso con agua salada (aproximadamente 1 g de sal en 100 cm³), que tendremos previamente preparados. En el primer vaso, el líquido se colorea uniformemente de rojo; en el segundo, queda turbio y al cabo de un cierto tiempo precipita un coágulo rojizo sobrenadando un líquido amarillento.
5. ¿Qué ha sucedido? En el agua pura, los glóbulos rojos se han llenado de agua y han reventado, dejando escapar la hemoglobina; en el segundo caso, como la concentración salina es equivalente a la de la sangre, los glóbulos permanecen inalterados y se depositan como en el proceso normal de la coagulación.

Definiciones

1. Dos soluciones que tienen la misma presión osmótica se dicen *isotónicas*; si son de distinta concentración, la de mayor concentración es *hipertónica* con respecto a la de menor concentración que es *hipotónica*.
2. La presión osmótica es proporcional a la concentración en sales.

Aplicaciones

1. Cuando se trata de inyectar un líquido en el organismo, las soluciones que se emplean deben ser isotónicas con respecto a la sangre.
2. El suero fisiológico que se inyecta en el hombre tiene una concentración (9 ‰) análoga a la de la sangre.
3. ¿El agua de mar es isotónica, hipertónica o hipotónica con respecto a la sangre? (Recordar que el agua de mar



contiene término medio 35 g de sales por litro.)

4. ¿El agua de río es isotónica, hipertónica o hipotónica con respecto a la sangre? (Recordar que el agua de río tiene de 2 a 5 g de sales por litro.)

4 Crecimientos osmóticos

1. Pongamos en un vaso una solución muy diluida de sulfato de cobre (prácticamente incolora). Con una pipeta de punta aguzada, colocaremos en el seno del líquido una gota de solución, también diluida, de ferrocianuro de potasio (prusiato amarillo). Se forma una nubecilla pardusca que aumenta de volumen y cambia constantemente de forma, tomando algunas muy curiosas.

2. En un frasco lo más ancho posible vertamos una solución filtrada de silicato de sodio al 30 %. Dejar caer en su interior, desparramados, trocitos de sulfato de cobre, cloruro de cobalto, nitrato de cobalto, acetato de cobre o cloruro de hierro.

3. Muy pronto comenzarán a levantarse columnas de formas variadas y vistosos colores. Por lo pintorescas, han sido llamadas, a veces, "jardines químicos".

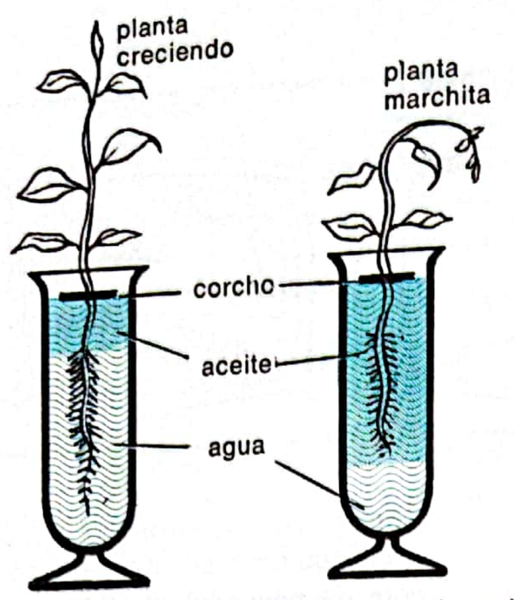
4. Podemos imitar el crecimiento de las plantas con algunos vistosos experimentos:

- Preparemos la solución siguiente: agua, 100 cm³; solución de gelatina (cola de pescado) al 10 %, de 10 a 20 g; solución saturada de ferrocianuro de potasio, 5 a 10 g; solución saturada de cloruro de sodio, 5 a 10 g. La cola de pescado (gelatina) se disuelve en agua caliente.
- Prepararemos una pastillita mezclando íntimamente sulfato de cobre y azúcar pulverizados, en la proporción de dos partes del primero por una del segundo. Humedecer nada más que lo suficiente como para preparar la pastilla. Al sumergir una o dos pastillas en el seno de la solución anterior, obtendremos hermosos crecimientos osmóticos.
- Coloquemos los recipientes de la experiencia anterior, a la temperatura ambiente y al calor de una lamparilla eléctrica, respectivamente, dentro de una caja de cartón. ¿Se observa alguna diferencia en la velocidad de los crecimientos?

5 El agua es indispensable para la vida de la planta

Observaciones y experimentos

1. Tomaremos unos granos de trigo o maíz ya germinados, de modo que las raíces tengan unos centímetros de lar-



go, con sus ramificaciones y pelos absorbentes visibles.

2. Llenaremos dos tubos de ensayo o dos vasos con aceite y agua, respectivamente. Con dos corchos o flotadores convenientemente perforados, colocaremos las plántulas en sendos tubos, de modo que una tenga sus raíces sumergidas en el aceite y la otra en el agua.

3. Vigilar durante unos días el desarrollo de ambas plantas y anotar las diferencias que se van observando.

Referencias

1. La plántula sumergida en el aceite, muere.

2. La plántula sumergida en el agua sigue desarrollándose.

3. El agua penetra en la planta por imbibición y por ósmosis a través de las membranas celulares de los pelos absorbentes. En las plantas superiores (traqueofitas) el agua es conducida a todo el cuerpo por los vasos leñosos; en las plantas inferiores (talofitas) el agua circula por difusión.

Inducciones

1. El agua es indispensable para la vida de la planta.

2. En los desiertos, la insuficiencia de agua determina una vegetación pobre y mezquina.

3. En épocas de sequía, cuando no llueve lo suficiente, los campos se agostan, las plantas se secan, se marchitan y mueren.

Trabajos de aplicación

Hacer un esquema del dispositivo utilizado y escribir un breve informe de las observaciones realizadas y la conclusión a que arribamos.

Cuestionario

1. Las raíces muestran hidrotropismo positivo; ¿es un factor perjudicial o beneficioso? ¿Por qué?

2. ¿Todas las plantas tienen pelos absorbentes en sus raíces? ¿En cuáles no son necesarios?

6 Conducción de la savia ascendente por el tallo

Observaciones y experimentos

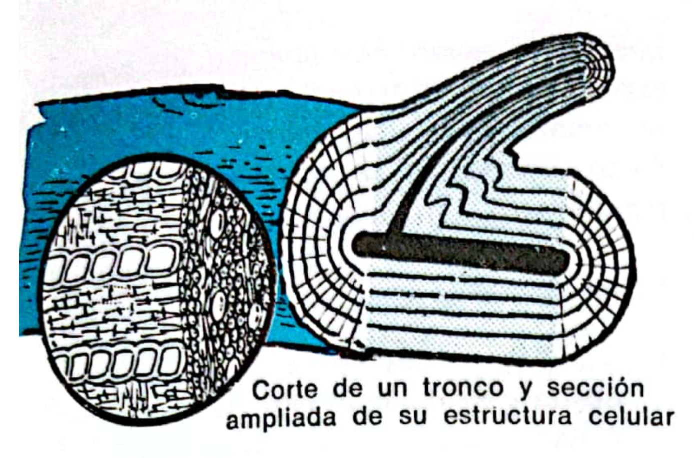
A. *En el poroto, judía o alubia*

1. Tomaremos una plántula ya germinada, con raíz y tallo de varios centímetros de longitud.

2. Llenaremos un tubo de ensayo con agua coloreada con tinta roja y lo taparemos con un corcho perforado.

3. Haremos pasar la plántula a través de la perforación del corcho, de modo que al colocarlo en el tubo la raíz quede sumergida en el agua coloreada.

4. Al día siguiente, el tallo y las hojas aparecerán con estrías rojizas. ¿A qué se debe esta coloración?



Corte de un tronco y sección ampliada de su estructura celular

5. Si cortamos transversalmente el tallo a distintas alturas de la plántula y observamos la sección con una lente de aumento, distinguiremos unos puntos rojos, dispuestos en círculo; estos puntos señalan por dónde asciende la savia, en este caso coloreada de rojo. Un corte muy delgado examinado en el microscopio, en una gota de agua glicerinada, mostrará con toda claridad la ubicación de los vasos conductores.

B. *En una rama*

1. Utilizaremos un tubo de vidrio acodado en ángulo recto en sus dos extremos y lo apoyaremos de manera que dichos extremos permanezcan verticales. Llenaremos el tubo con agua coloreada con tinta roja.
2. En uno de los extremos del tubo colocaremos una ramita de una planta tierna (malvón) y la ajustaremos con un poco de plastilina. El otro extremo del tubo lo taparemos para evitar la evaporación.
3. Colocaremos otro tubo igual, con un extremo abierto, pero sin la rama, que servirá de testigo.
4. Al cabo de unas horas observaremos el nivel del agua en el extremo libre. ¿Ha descendido, permanece igual o ha aumentado? ¿Y en el tubo testigo? ¿Cuál es el valor, medido en milímetros, de esta variación?

C. *Influencia de la temperatura*

1. Repetiremos el experimento anterior con el mismo dispositivo, pero ahora colocaremos, cerca de la ramita foliada, una lámpara de 40 a 75 vatios.
2. Al cabo del mismo tiempo que el registrado en el experimento anterior, mediremos la variación del nivel del agua. ¿Es mayor, igual o menor que en el caso anterior? ¿A qué se debe la diferencia?
3. En ambos experimentos colocaremos un termómetro entre las ramas de la plantita y anotaremos la temperatura; sería preferible realizar los dos experimentos simultáneamente y seguir paso a paso las variaciones que se observan.
4. Anotaremos cada hora el nivel del agua, medido en milímetros, y la temperatura; con estos datos trazaremos una gráfica de ambas situaciones.

Inducciones

1. La disminución de agua en el tubo indica el agua que evaporan las hojas.
2. La savia circula por los vasos leñosos, dispuestos periféricamente en el tallo.
3. Las plantas contribuyen a enriquecer la atmósfera con vapor de agua, lo cual explica la importancia que tienen los bosques en el régimen de las precipitaciones.

Aplicaciones

1. Los floreros deben contener agua para asegurar por un tiempo prudencial la lozanía de las flores.
2. El teñido de las flores se puede obtener coloreando el agua del florero donde se sumergen los tallos.

7 Las hojas transpiran

Observaciones y experimentos

1. Colocamos un grupo de hojas frescas sobre una mesa y las cubrimos con un vaso invertido, bien seco.
2. Sobre la misma mesa ponemos otro vaso bien seco, también invertido.



LAS HOJAS TRANSPIRAN

Al día siguiente observaremos:

1. El vaso que cubre las hojas tiene sus paredes interiores empañadas.
2. El vaso que no cubre las hojas permanece seco en su interior.

Inducciones

1. Las paredes del vaso aparecen mojadas por el agua que se desprendió de las hojas.
2. Las hojas transpiran, esto es, desprenden vapor de agua.

Aplicaciones

Para conservar fresca la verdura se la debe envolver en una tela húmeda y depositarla en la nevera con el objeto de disminuir al mínimo la transpiración. Se puede reemplazar la tela por una bolsa de polietileno, cerrada, y se obtendrá el mismo resultado.

Cuestionario

1. Cuando se cortan las ramas de una planta y se dejan al aire libre, se marchitan y se secan. ¿A qué se debe?
2. ¿Por qué colocamos un vaso vacío al lado del que cubría las hojas?
3. ¿Cómo se explica el papel regulador de los bosques en el clima de una región? ¿Por qué es perjudicial el talado incontrolado de los bosques?

Referencias

1. La pérdida de agua por las hojas determina un efecto de succión que, junto con la capilaridad, provoca la ascensión de la savia por los vasos del tallo y de las ramas.
2. Podemos calcular la cantidad evaporada por una planta de lechuga fresca. La pesamos recién arrancada y la dejamos al aire libre o junto a una estufa para favorecer la evaporación. Pesamos nuevamente y podremos establecer la proporción de agua que corresponde a la lechuga fresca (en porcentaje).

8 El agua y las plantas

En regiones donde no falta el agua, las plantas tienen follaje abundante, con hojas tiernas y grandes; en cuanto se las corta se marchitan rápidamente debido a la intensa evaporación.
En cambio, en las regiones secas, como reacción a la escasez de agua, encontramos en las plantas distintas adaptaciones

que disminuyen al mínimo la evaporación o que sirven para acumular agua. Así, por ejemplo, observamos lo siguiente:

a) *Disminución de la superficie foliar.* Hojas pequeñas (algarrobo, tamarisco, jarilla, etc.); pérdida de las hojas y, por lo tanto, tallos aplanados o cilíndricos, verdes (currumamuel, tunas y cardones, etcétera); hojas enrolladas en forma de canutos o filiformes (pastos duros).

b) *Revestimiento abundante de pelos* que dificultan la circulación del aire y, por lo tanto, disminuyen la transpiración.

c) *Almacenamiento de agua en los tallos* (tunas y cardones), y en hojas carnosas (jumes, lampas) y diversas plantas gruesas y carnosas de las regiones secas, con revestimiento de cera para impedir la evaporación.

d) *Reserva de agua y sustancias alimenticias en los bulbos* (cebolla, azucena, etcétera), y raíces. En la región chaqueña hay un arbusto (el yacol) de raíces muy desarrolladas que encierran grandes cantidades de agua (varios litros); esta agua es aprovechada por algunos animales y por las personas en épocas de sequía. Estas plantas presentan, generalmente, espinas y púas que constituyen elementos de defensa contra el ataque de los herbívoros que las apetecen. Algunas especies poseen varios de estos dispositivos de defensa.

9 Hidroponía

La hidroponía (del griego *hydor* = agua + + *ponos* = trabajo) es una técnica moderna que permite el cultivo de especies vegetales, suministrando a la planta las soluciones minerales que necesita para su crecimiento y desarrollo, disueltas en el agua. Se pueden obtener así beneficiosas cosechas en lugares estériles, donde la vida vegetal sería imposible (huertas artificiales utilizadas por las fuerzas norteamericanas en las islas del Pacífico durante la segunda guerra mundial, para la provisión de verduras frescas). Es un procedimiento costoso por lo cual su empleo es muy restringido.

La hidroponía fue ideada y perfeccionada por W. F. Gericke, de la Universidad de California, para cultivar plantas florales y legumbres, utilizando estanques de poca profundidad.

En junio de 1971 los rusos intentaron este tipo de cultivo en una estación espacial.



10 Líquido nutricio

Observaciones y experimentos

1. Para cultivar maíz se puede utilizar el líquido nutritivo de *Sachs,* cuya composición es la siguiente: agua destilada, 1 l; nitrato de potasio, 1 g; sulfato de magnesio, 0,5 g; sulfato de calcio, 0,5 g; sulfato de hierro, 0,1 g. Es un líquido diluido, suficiente para las necesidades de la planta.

2. A los elementos químicos señalados debemos agregar el carbono que la planta toma del gas carbónico del aire.

3. Podemos comprobar la importancia de los elementos suministrados mediante una sencilla experiencia:
   - Llenar tres macetas con arena previamente lavada y calentada al horno para arrastrar toda sustancia extraña y destruir la materia orgánica que pudiera acompañarla.
   - Trasplantar en cada maceta dos o tres plantitas de maíz ya germinadas, con raíces y tallos bien desarrollados.
   - Regar la maceta Nº 1 con agua destilada; la Nº 2 con el líquido nutritivo preparado en la forma indicada;

la Nº 3 la regaremos con el líquido de Sachs, en el que sustituiremos el nitrato de potasio por clorato de potasio (es decir, suprimimos el elemento nitrógeno).

- Observar el desarrollo de las plántulas; se notará diferencias muy marcadas; mientras la 1 y la 3 desmejoran y perecen, la 2 se desarrolla bien, llegando hasta florecer y fructificar, si se tiene la paciencia de seguir hasta el final.
- El riego debe efectuarse parejamente en las tres macetas, suministrando la misma cantidad de líquido cada vez. ¿Por qué señalamos esta precaución?
- En otra maceta, colocada en el mismo ambiente que las anteriores, pero que contenga tierra negra común, sembraremos otras plantitas de maíz y compararemos su desarrollo con las anteriores.

Aplicaciones

1. Mediante soluciones apropiadas es posible instalar, aun en los sitios más inhóspitos, un huerto o un jardín hidropónico.
2. Se pueden poner así en evidencia, experimentalmente, el papel que desempeñan en la fisiología vegetal los distintos elementos químicos.

11 El agua y los animales

Algunos animales terrestres tienen revestimientos impermeables: placas córneas en los reptiles u óseas en los armadillos; tegumentos quitinosos de los artrópodos. Esto evita la pérdida de agua por transpiración y por lo tanto sus requerimientos de agua son mínimos y pueden sobrevivir en lugares secos.

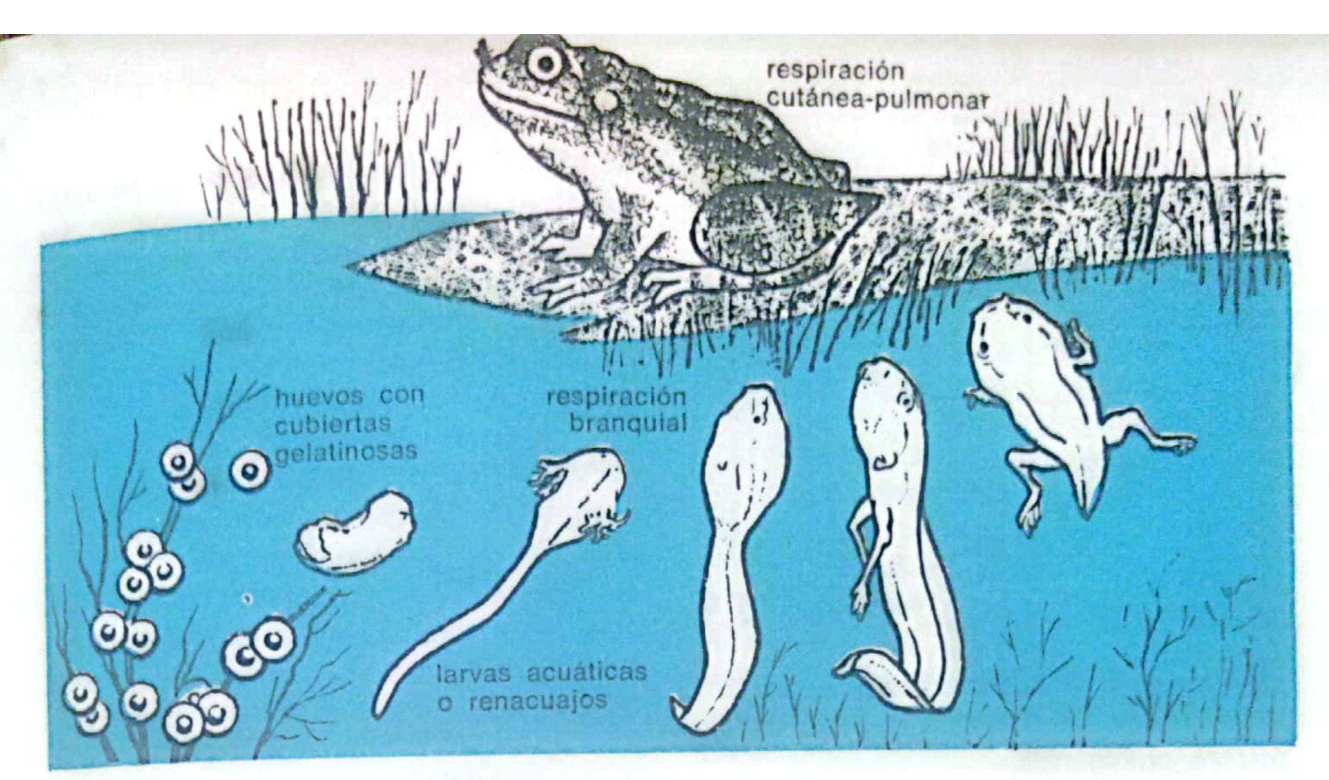
Los mamíferos acuden a los ríos u otras fuentes a beber; si éstas se secan, perecen. Algunos, es verdad, están adaptados a vivir en regiones muy secas.

Muchos animales que habitan en los desiertos se satisfacen con el agua que obtienen por metabolismo de sus magros alimentos y de las reservas grasas, que también pueden dar agua (éste es el caso del camello en sus largas travesías).

La humedad atmosférica que se deposita con el frío de la noche es suficiente para sostener la pobre vegetación que puede encontrarse en los desiertos; en los oasis, se constituye una vegetación lujuriante alrededor de un manantial.

Los animales acuáticos respiran por la piel (respiración difusa o cutánea) o por branquias (crustáceos, moluscos, peces); los animales terrestres respiran por tráqueas (insectos, arácnidos) o por pulmones (batracios adultos, reptiles, aves y mamíferos). Cuando un animal terrestre se adapta al medio acuático, conserva su tipo de respiración original y debe volver a la superficie para respirar el aire atmosférico (argironeta, entre los arácnidos; cetáceos, entre los mamíferos; tortugas marinas y de río entre los reptiles).

Las plantas respiran a través de las membranas de las células que componen sus tejidos; los animales, en última instancia, también realizan los intercambios respiratorios a través de las membranas celulares de su organismo. Esta respiración difusa o cutánea es característica de los organismos acuáticos, y ella está demostrando el origen acuático de todos los seres vivientes. Como intuitivamente lo imaginaron los griegos, efectivamente, la vida surgió del seno de las aguas. En el embrión de los reptiles, aves y mamíferos, es decir, de los vertebrados terrestres, se constituye una cámara acuática especial, el *amnios*, en la que se desarrolla el embrión hasta el momento de su nacimiento.



Ciclo biológico de la rana (batracio).

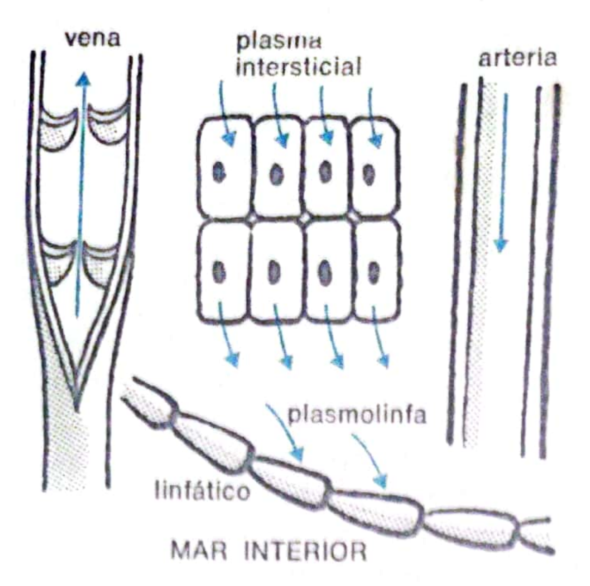
remedo del mar donde se desarrollaba primitivamente la vida.
Las ranas y los sapos deben volver al agua para depositar sus huevos y en el agua se desarrollan los renacuajos; por este motivo también se los llama *anfibios,* y están mostrando en su metamorfosis la transición de los vertebrados acuáticos a los vertebrados terrestres.

12 El agua y el paisaje

La distribución anual de las lluvias determina en primera instancia la fisonomía general del paisaje terrestre; se tienen así las selvas ecuatoriales, las sabanas y praderas periféricas, los desiertos, los bosques de las zonas frías, la tundra y los casquetes polares, de hielos permanentes, donde la ausencia de agua líquida impide la vegetación.
Viajando por todos los continentes observamos los más variados paisajes: las plantas de reluciente verde, los árboles de hojas amplias y copas frondosas, los pastos de tallos tiernos, nos dicen de una zona donde la lluvia es pródiga y no se hace desear; la vegetación rala, verde ceniciento, la silueta de los cardones enhiestos, los pastos duros, las faldas desnudas de las montañas, nos hablan claramente de la insuficiencia de las precipitaciones.
Las regiones donde llueve menos de 250 mm anuales son zonas de desierto o semidesierto.

13 Todos llevamos un mar interior

El agua constituye en peso, la mayor parte de cualquier organismo (término medio 75 %) y circula en su interior bañando los tejidos y las células que lo componen. En las plantas, los vasos que conducen la savia aseguran esta circulación. En los animales, dicha función, con mayor complejidad, la realizan el aparato circulatorio y los líquidos que mueve (linfa, plasmolinfa y sangre). Estos líquidos forman lo que los fisiólogos han llamado *medio interno* desde hace mucho tiempo, que corresponde al medio externo de los seres que viven en el agua y están formados por una célula o un grupo poco numeroso de ellas; con una concentración salina del 7 al 9 ‰



constituyen otra evidencia de un mar primitivo donde se desarrolló la vida en las épocas primigenias.

VIII. La circulación del agua en los organismos

1 Sistemas indispensables

Cuando la organización del ser vivo, que llega hasta el árbol y el hombre, se complica y perfecciona, es necesaria la aparición de un sistema que asegure la provisión de agua y su distribución (aparato circulatorio), así como la eliminación de los desechos (excreción) al mismo tiempo (medio interno) que sirve de vehículo a sustancias hormonales (mensajeros químicos) que regulan las diversas funciones del organismo entre sí y con el medio externo y, también, de las sustancias alimenticias indispensables al organismo.

2 La circulación del agua en las plantas

El agua que absorben las raíces debe llegar a todas las partes de la planta. ¿Cómo lo hace? Primero atraviesa paredes muy delgadas y luego penetra en unos tubos capilares (vasos leñosos) que la conducen hasta las hojas.

La savia bruta que llega hasta las hojas es transformada, mediante la acción de los rayos solares, en savia elaborada, es decir, en el alimento de la planta. Esta savia vuelve por otros vasos (vasos liberianos) a nutrir todas las partes del vegetal. Pero no todo el líquido que penetró por las raíces es aprovechado; gran parte se pierde por transpiración. Este fenómeno se produce en las hojas y es más intenso en las regiones húmedas y calurosas.
Los tres procesos fundamentales de la circulación del agua en las plantas son: *absorción,* por los pelos absorbentes de la raíz; *conducción,* por los vasos del tallo y de las hojas, y *eliminación,* por las hojas (transpiración).

3 La circulación del agua en los animales

En los animales acuáticos, entre los cuales se cuentan los más inferiores y más simples en organización, el agua penetra y sale directamente a través de la piel. En los animales acuáticos superiores el agua penetra por la boca y sale por los riñones (secreción de la orina), y las branquias (proceso respiratorio).
En los animales terrestres, el agua entra en los alimentos (toda sustancia orgánica contiene una gran proporción de agua) y las bebidas (ingestión), pasando a la sangre a través de las paredes del intestino (absorción), y es eliminada por la piel (transpiración), por vía pulmonar (respiración), por la orina (excreción) y por las heces (defecación).
Para la vida normal del organismo es indispensable un equilibrio permanente entre la pérdida y la entrada de agua; para regular dicho equilibrio existen numerosos mecanismos de autorregulación y de adaptación del organismo a las circunstancias transitorias o permanentes del medio en que vive.

4 El aparato circulatorio en el hombre

a) El aparato sanguíneo

La sangre se halla en constante movimiento dentro de los vasos sanguíneos; unos, las *arterias*, la llevan desde el corazón a todo el organismo; otros, las *venas*, la conducen de vuelta al corazón. Arterias y venas están ligadas entre sí por los vasos *capilares*, de finísimas paredes, a través de las cuales tienen lugar por ósmosis todos los intercambios que se realizan entre la sangre y los tejidos.

Las arterias son vasos elásticos que mantienen constante su diámetro; no tienen válvulas en su interior y aparecen vacías en el cadáver (por lo cual antiguamente se creía que conducían aire y de aquí su nombre). Las venas carecen de fibras elásticas, se aplastan (con lo cual se facilita la contención de la hemorragia) y llevan válvulas que impiden el retroceso de la sangre en su ruta hacia el corazón.

b) El corazón

El corazón es una víscera muscular de forma cónica, ubicada en la cavidad torácica. Colocando la palma de la mano debajo de la tetilla izquierda, se perciben sus latidos. Estos latidos revelan el trabajo ininterrumpido del corazón. En efecto, a cada latido el corazón se contrae y arroja a las arterias la sangre que lo llena. Aplicando el dedo sobre la muñeca, del lado del pulgar sobre la arteria radial, se percibe el pulso; cada pulsación corresponde a un latido del corazón.

Alojado entre los dos pulmones, su base está dirigida hacia arriba e inclinado hacia la izquierda y hacia abajo, descansa sobre el diafragma.

Interiormente es hueco y presenta cuatro cavidades; en la parte superior, dos *aurículas* independientes entre sí, de paredes delgadas; en la parte inferior, dos *ventrículos*, también independientes entre sí y de paredes muy gruesas. La contracción de estos últimos es capaz así de comunicar el fuerte impulso necesario para enviar la sangre fuera del corazón.

Cada aurícula se comunica con el ventrículo de su lado por un orificio, que sendos juegos de válvulas pueden obstruir en un momento dado. Unos ligamentos, muy visibles en las paredes interiores del ventrículo, permiten el juego de estas válvulas. Al orificio auriculoventricular izquierdo corresponde la válvula *mitral*, al auriculoventricular derecho, la *tricúspide*.

De la parte superior de los ventrículos salen las arterias; a las aurículas llegan las venas. Para recibir o expulsar la sangre, el corazón se relaja y contrae alternativamente. El movimiento de relajamiento recibe el nombre de *diástole*; el de contracción, el de *sístole*.

c) El circuito de la sangre

Describiremos brevemente el curso que sigue la sangre en su viaje por todo el organismo. Sale del ventrículo izquierdo por la *arteria aorta*, que a poco de salir del corazón envía ramificaciones a todo el cuerpo y en particular al corazón (arteria coronaria). Estas ramificaciones se van haciendo cada vez más finas hasta convertirse en tubitos sumamente delgados; son los *vasos capilares*. A través de ellos, circulando lentamente, la sangre cede los alimentos y el oxígeno que lleva disueltos, y se carga de sustancias nocivas que debe eliminar por los pulmones o por los riñones, y de sustancias útiles que debe llevar a otras partes del cuerpo.

La sangre arterial o pura se convierte así, poco a poco, en sangre venosa o impura, y continúa por las *venas*, por las cuales llega al corazón, desembocando en la aurícula derecha. De aquí pasa al ventrículo que queda debajo, de donde parte por in-

termedio de la *arteria pulmonar* hacia los pulmones; allí toma oxígeno y se purifica. Purificada, la sangre vuelve al corazón por las *venas pulmonares*, desembocando en la aurícula izquierda. Pasa al ventrículo que queda debajo y sale por la arteria aorta para seguir el mismo recorrido que acabamos de describir.

Las arterias llevan sangre arterial o pura, y las venas, sangre venosa o impura; pero, por lo que hemos dicho, se advertirá que la arteria pulmonar lleva sangre venosa y las venas pulmonares, sangre arterial.

d) La sangre

Al producirnos una herida mana un líquido rojo: la *sangre*. Quiérase o no, su presencia nos impresiona desagradablemente porque comprendemos que una pérdida importante de sangre es necesariamente perjudicial y hasta mortal.

Por fortuna, la sangre se coagula y, si la herida es pequeña, el coágulo que se forma impide que siga saliendo. Si la herida es extensa o profunda, es necesaria entonces la rápida intervención médica para detener la hemorragia.

Al manar de la herida podemos comprobar que la sangre es roja y caliente, y, si la probamos, de sabor salado porque, en efecto, contiene sal en disolución.

La sangre es el líquido encargado de llevar alimentos –y entre ellos el oxígeno– a todos los aparatos del organismo y de recoger, por vía de vuelta, los productos útiles elaborados por ellos y las sustancias nocivas que deben ser eliminadas por los pulmones y los riñones.

La absorción de los alimentos se realiza a través de las paredes del intestino delgado, una vez que hayan sido transformados por la digestión en sustancias asimilables. En los pulmones, la sangre se carga de oxígeno y a la vez elimina el dióxido de carbono y el vapor de agua de que está sobrecargada.

El análisis microscópico revela que la sangre se compone de un líquido o *plasma* y de elementos sólidos. Estos elementos son de tres clases: los *glóbulos rojos* o *hematíes*, los *glóbulos blancos* o *leucocitos* y las *plaquetas*.

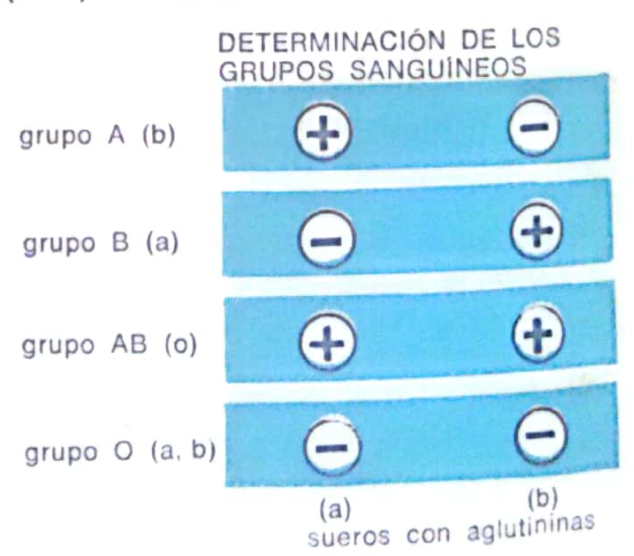
Los *glóbulos rojos* son elementos discoidales muy pequeños, que dan su color a la sangre; su diámetro oscila entre 7 y 8 micrones (un micrón es la milésima parte de un milímetro); por lo tanto, harían falta 125 glóbulos, puestos uno al lado del otro, para formar un milímetro. Se cuentan 5 millones de glóbulos rojos por milímetro cúbico de sangre; ellos transportan el oxígeno necesario para la respiración, combinado con la hemoglobina, que es el pigmento rojo que da su color a la sangre.

Los *glóbulos blancos* son un poco mayores que los rojos y se cuentan de 5 a 6 000 por milímetro cúbico; desempeñan importantes funciones (entre otras, las de atacar y destruir los organismos extraños introducidos en la sangre).

Las *plaquetas* son todavía más pequeñas que los glóbulos rojos; se cuentan unas 250 000 por milímetro cúbico y parecen tener un importante papel en la coagulación de la sangre.

e) Grupos sanguíneos

A los fines prácticos de las transfusiones, se establecen cuatro grupos de sangre, cada uno de los cuales tiene características especiales. El que posee el grupo "0" (cero) es donante universal, es decir, que



puede dar sangre a todos los demás grupos. El grupo "A" sólo puede dar sangre a su propio grupo y recibir del mismo. El grupo "B" se halla en las mismas condiciones que el anterior. El grupo "AB" es receptor universal, esto es, que puede recibir sangre de cualquier grupo.

Existe otro factor muy importante, es el factor "Rh" (factor rhesus, nombre de un mono que se utiliza en los laboratorios), que puede ser negativo o positivo. El 85 % de la población es Rh +.

f) **El plasma intersticial y la linfa**

En la intimidad de los tejidos, el plasma sanguíneo filtra a través de las paredes de los capilares llenando todos los intersticios o espacios intercelulares. Este líquido constituye el plasma intersticial, en el que se bañan las células. Cada una de ellas elige de él las sustancias que le son necesarias y arroja a él los productos elaborados útiles (secreciones) y los desechos (excreciones, gas carbónico, urea, etcétera). El plasma intersticial así modificado se convierte en plasmolinfa y penetra en los capilares linfáticos.

La plasmolinfa impelida por el plasma intersticial, que continuamente filtra de los capilares sanguíneos, penetra, cargada de los productos mencionados, en los capilares linfáticos, donde recibe el nombre de *linfa* (agua, en el sentido de sangre incolora).

Los capilares linfáticos se reúnen en la gran vena linfática y en el conducto torácico que se vierten, finalmente, en la vena cava superior; la linfa se integra así al circuito sanguíneo. La sangre vuelve pues al corazón, por dos vías: la sanguínea y la linfática.

Sangre, linfa, plasma intersticial y plasmolinfa constituyen el *medio interno* que remeda al mar primitivo donde se desarrolló la vida, cuya constancia aseguran diversos mecanismos reguladores; su importancia puede deducirse, pensando que en peso constituyen el 70 % del organismo humano.

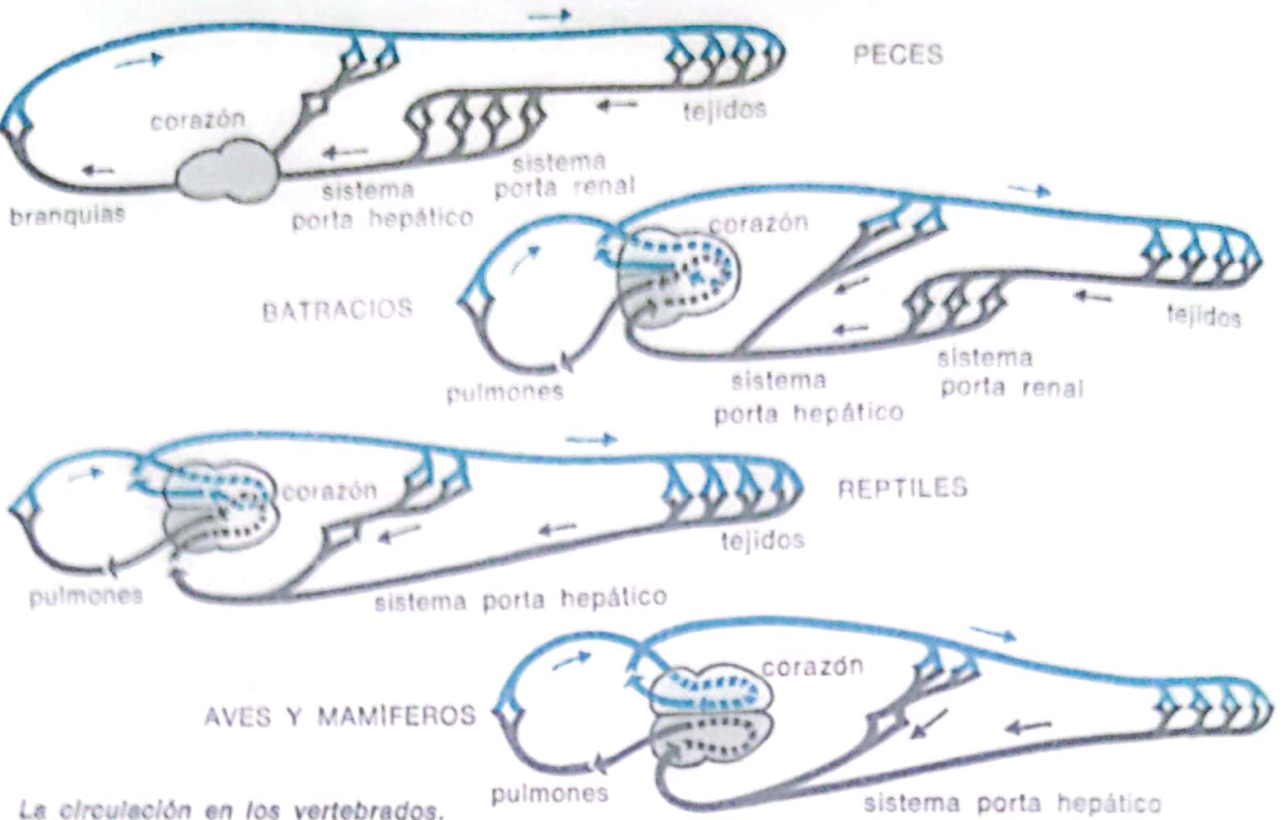
g) **Determinación de los grupos sanguíneos**

Se colocan sobre un portaobjetos dos gotas de suero con aglutininas anti-A y anti-B. En ellas se deposita una gota de sangre tomada del lóbulo de la oreja y se mezcla con la gota de suero. Si aglutina la primera y no la segunda, es sangre del grupo A; si aglutina la segunda y no la primera, pertenece al grupo B; si aglutina ambas, es del grupo AB. Si no hay aglutinación en ninguna de las dos, la sangre examinada pertenece al grupo 0 (cero). Actualmente en los documentos de identidad se incluye el grupo sanguíneo a que pertenece el portador, con la ventaja práctica que ello puede tener en caso de accidente.

5 La circulación en los vertebrados

La circulación en las aves y en los mamíferos es doble (el circuito sanguíneo pasa dos veces por el corazón) y completa, pues la sangre venosa no se mezcla en ningún momento con la arterial, tal como se ha podido observar al estudiar el aparato circulatorio en el hombre. En aves y mamíferos el corazón tiene dos aurículas y dos ventrículos, separados entre sí.

El corazón de los reptiles (salvo en yacarés y cocodrilos, que es como el de las aves) y el de los batracios, tiene tres cavidades: dos aurículas y un ventrículo, imperfectamente dividido en los reptiles. Por lo tanto, en estos animales la circulación es doble, pero es incompleta, pues en el ventrículo alternan la sangre venosa con la arterial.



La circulación en los vertebrados.

En los peces el corazón tiene dos cavidades, una aurícula y un ventrículo, y solamente pasa por él sangre venosa; la circulación es, por lo tanto, simple y completa.

6 La temperatura de la sangre en los animales

Si tocamos el cuerpo de un pájaro y el de un pez, ambos vivos, notamos una diferencia muy sensible: mientras el primero da una sensación de calor, el segundo la da de frío.
Efectivamente, la temperatura interior de las aves, como la de los mamíferos, es constante como en el hombre.
La temperatura del organismo se toma con el *termómetro clínico*. Esta temperatura en el hombre, tomada a nivel de la axila, fluctúa en los 36,7° C. Cuando sobrepasa esta marca, esto indica un estado febril.
Como la temperatura del cuerpo es superior a la del medio ambiente, el organismo se enfría continuamente. Para disminuir esta pérdida el hombre se abriga y los animales de temperatura constante (o animales de sangre caliente) tienen revestimientos protectores (pelos, plumas). Los que viven en ambientes fríos (osos polares, ballenas, etc.), tienen debajo de la piel una gruesa capa de grasa, sustancia mala conductora del calor.

7 Higiene de la circulación

Para que la sangre pueda circular libremente debe evitarse el uso de prendas ajustadas al cuerpo (cinturones, ligas, muñequeras) que dificultan el retorno de la sangre al corazón.
En invierno, las manos y los pies deben llevarse bien abrigados para impedir que se produzcan congelamientos o sabañones. Asimismo son perjudiciales los plantones y la inmovilidad prolongada.

8 Heridas y hemorragias

Cuando nos herimos, así sea una pequeña lastimadura o un simple rasguño, debemos lavar la herida con un algodón embebido

en alcohol o agua oxigenada, y pasarle luego una pincelada de tintura de yodo. Después se recubre con una gasa limpia o un trozo de tela adhesiva para evitar que se ensucie.

Si de la herida sale sangre, se comprimirá durante un rato con un algodón mojado en alcohol y luego se colocará una venda bien limpia, esterilizada si es posible. Una buena venda se puede improvisar haciendo hervir en agua durante unos minutos una tela de hilo, limpia.

Si se trata de una lastimadura superficial, extensa, convendrá lavar la zona con agua y jabón antes de proceder a su desinfección, siempre que el agua a utilizar sea limpia.

En caso de una hemorragia (pérdida de sangre) intensa, producida en un antebrazo o una pierna, se procederá a ligar el miembro por arriba de la herida a fin de comprimir los vasos sanguíneos y evitar en parte la salida de sangre. Sin pérdida de tiempo se trasladará el herido al hospital. En caso de hemorragias persistentes o frecuentes, cualquiera sea la zona afectada, se deberá consultar al médico para determinar sus causas.

9 Transfusiones

Cuando a raíz de un accidente, de una intervención quirúrgica se ha perdido sangre o bien porque ésta ha perdido sus cualidades fisiológicas, como en las anemias, la transfusión de sangre obtenida de un individuo sano suele ser el único recurso para salvar la vida de un paciente.

El primer procedimiento práctico de transfusión se debe al médico argentino Luis Agote, quien realizó esta operación en Buenos Aires el 14 de noviembre de 1914. Desde esa fecha se ha ido generalizando y perfeccionando este procedimiento hasta el punto de convertirse en una técnica corriente en todos los centros asistenciales del mundo.

En todos los centros más importantes existen "bancos de sangre", es decir, lugares donde se mantienen depósitos de sangre lista para ser utilizada en las transfusiones locales o para ser enviada a lugares donde se la necesita con urgencia. Estos bancos se constituyen con el aporte de los "dadores voluntarios" que entregan desinteresadamente su sangre, movidos por un sentimiento noble de solidaridad social. Hay también "dadores profesionales" que perciben un precio por la sangre que aportan.

En la transfusión hay que tener en cuenta un hecho fundamental: los glóbulos rojos del dador no deben ser aglutinados por el plasma del receptor. Esta circunstancia es la que ha determinado la clasificación en los grupos sanguíneos ya descriptos.

10 Enfermedades infecciosas e inmunización

a) La infección

Las infecciones son producidas por microorganismos (bacterias y virus) que, al penetrar en un huésped, vierten sustancias tóxicas en la sangre o destruyen los tejidos donde se alojan, comprometiendo el normal funcionamiento del organismo. Éste reacciona ante la invasión y se defiende elaborando sustancias que contrarrestan las producidas por los microorganismos; si éstos son vencidos, el individuo sana; de lo contrario, la infección progresa y puede llegar a producir la muerte. Si el individuo sana, es posible que no vuelva a ser afectado por una nueva invasión de los mismos microorganismos: decimos que ha quedado *inmunizado* contra esa enfermedad (caso del atacado de viruela); en otros casos, la enfermedad puede repetirse.

Algunos individuos son naturalmente inmunes contra las enfermedades infecciosas, que, en general, son muy contagiosas, ya directa o indirectamente.

b) La inmunización

Si en un organismo se inoculan gérmenes de una enfermedad infecciosa muy atenuados, es decir, apenas virulentos o aun muertos, el organismo reacciona sin peligro, elaborando anticuerpos que neutralizan a los microbios invasores; éste es el efecto de la *vacuna*.
Dichos anticuerpos pueden obtenerse de la sangre del individuo curado y ser administrados a un enfermo para su curación; éste es el procedimiento que se sigue para obtener los *sueros*. Las vacunas se aplican con efectos preventivos; los sueros, con fines curativos.

La inmunización, el gran recurso que tiene la medicina para combatir las enfermedades infecciosas, puede ser de varios tipos:

- Inmunización natural: congénita.
- Inmunización adquirida:
  - por enfermedad
  - provocada deliberadamente { por vacunas / por sueros

Ambos tipos de inmunización explican la supervivencia de los individuos que resistieron a las graves epidemias que existieron en el mundo cuando la medicina carecía de recursos para afrontarlas.

Las enfermedades más comunes provocadas por virus

ENFERMEDAD	PROFILAXIS
Rabia	Evitar ser mordido por animal rabioso (perro, gato, etc.). Vacunación antirrábica de los animales domésticos. Eliminación de los animales vagabundos. Vacunación antirrábica.
"Mal de los rastrojos", fiebre hemorrágica	Evitar la picadura de un ácaro que se infecta a través de un ratón maicero. Evitar los rastrojos donde abundan los roedores; destrucción de basurales. (Vacuna en ensayo.)
Resfriados ("gripe")	Contagio directo e indirecto (varias cepas de virus). Reposo y aislamiento.
Poliomielitis Parálisis infantil	Contagio directo e indirecto (moscas). Desinfeccion. Desinsectización. Tres grupos de virus. Vacunación (vacuna SALK, vacuna SABIN) obligatoria.
Parotiditis ("Paperas")	Benigna en los niños, en los adultos suelen presentarse complicaciones. Aislamiento.
Varicela	Eruptiva, benigna, trecuente en la edad escolar. Confiere inmunidad. Aislamiento.
Viruela	Eruptiva, muy grave. Contagio directo e indirecto. Aislamiento. Vacunación y revacunación obligatoria por ley, para todos los habitantes.
Rubéola	Eruptiva, parecida al sarampión. Benigna en la primera infancia, pero muy grave en la mujer que va a ser madre. Aislamiento.
Sarampión	Eruptiva epidémica. Contagio directo e indirecto. Vacunación. Aislamiento.

Las enfermedades más comunes producidas por bacterias

ENFERMEDAD	AGENTE	PROFILAXIS
Lepra	Bacilo de Hansen	Contagio por vía interhumana. Aislamiento; asistencia social a los enfermos y a los hijos de los enfermos.
Sífilis	Espiroqueta pálida	Transmisible hereditariamente y por contagio directo.
Tuberculosis	Bacilo de Koch	Contagio por vía respiratoria y digestiva (especialmente la leche). Aislamiento y tratamiento. Vacunación de los recién nacidos; en los mayores, vacunación previa reacción de Mantoux negativa (tuberculina).
Difteria	Bacilo de Klebs-Loeffler	Frecuente en la primera infancia, grave; ha desaparecido prácticamente gracias a la vacunación obligatoria de todos los niños en edad escolar.
Fiebre tifoidea	Bacilo de Eberth	Se contagia con el agua. Vacuna antitífica. Hervir en tiempos de epidemia el agua sospechosa, verduras y leche.
Tos convulsa o coqueluche	Bacilo pertussis	Frecuente en los niños, es muy contagiosa. Vacunación obligatoria (vacunación triple).
Tétanos	Bacilo de Nicolaier	Enfermedad grave. Vacunación antitetánica en casos de herida sospechosa, especialmente con objetos ensuciados de tierra. Los niños reciben la vacuna con la vacunación triple.
Escarlatina	Estreptococo hemolítico	Eruptiva grave muy contagiosa. Contagio directo e indirecto. Aislamiento.
Diarrea estival	Colibacilos	Deshidratación grave, mortal, si no es atendida a tiempo.

11 La lucha contra la infección

a) Las vacunas

Vacuna es enfermedad de la vaca, de las pústulas que se forman en la ubre de este animal. Jenner, médico inglés (1749-1825), obtuvo la sustancia que, aplicada sobre la piel escarificada, evitaba que el hombre adquiriese la viruela, terrible enfermedad que generalmente producía la muerte o, si el individuo se salvaba, dejaba en su rostro las huellas de su acción ("picado de viruelas").

Jenner fue conducido a este descubrimiento sensacional al advertir que los lecheros, que ordeñaban a mano las vacas, no contraían la enfermedad; pensó entonces que aquéllos, sin notarlo, por alguna herida de las manos se inoculaban la sustancia que los inmunizaba.

En los centros civilizados esta enfermedad ha desaparecido gracias a la aplicación sistemática de la vacuna antivariólica, obligatoria en todo el mundo, desde el primer año de vida.

Jenner observó, además, que la sustancia o vacuna para inmunizar al hombre se podía recoger también de las ampollas que se formaban en éste al aplicar la vacunación. Durante mucho tiempo se practicó la vacunación de este modo, es decir, de brazo a brazo, de hombre a hombre. Cualquiera advierte hoy, de inmediato, el peligro de este sistema, que entraña la posibilidad de transmitir una enfermedad infecciosa a un hombre sano; pero en aquella época no se conocía el mecanismo de la infección. Para evitar tales peligros, y con fines prácticos, modernamente se recurre a terneros convenientemente tratados para obtener una fuente continua de vacuna antivariólica.

Investigaciones posteriores, a la cabeza de las cuales aparecen los trabajos de Luis Pasteur, permitieron preparar vacunas contra otras graves enfermedades que causaban verdaderos estragos hasta no hace muchos años; tales, por ejemplo, las que se aplican para prevenir la difteria, la poliomielitis, la fiebre tifoidea, la tuberculosis y el sarampión, etc.

Los perros se vacunan contra la rabia, que previene contra este terrible mal que amenaza también al hombre al ser mordido por un animal infectado, o simplemente, con la baba si hay una herida insignificante.

Vacunación obligatoria para los niños

B. C. G., contra la tuberculosis.
SABÍN oral, contra la poliomielitis.
ANTIVARIÓLICA, contra la viruela.
ANTISARAMPIONOSA, contra el sarampión.
TRIPLE, contra la difteria, la tos convulsa y el tétanos.

b) Los sueros

Si a un animal de laboratorio se le aplican dosis progresivas de bacilos diftéricos, el animal produce *anticuerpos* que le permiten resistir la infección; de su plasma sanguíneo se puede extraer entonces un *suero* que contenga dichos anticuerpos.

La sueroterapia constituye así un eficaz medio de lucha cuando se ha producido la infección. Se aplica entonces el suero ya preparado como se ha dicho, y los anticuerpos que contiene aumentan la defensa que el organismo necesita y detiene la infección.

La vacunación es siempre preventiva; el suero es parte de un tratamiento curativo. Se elaboran sueros antidiftérico, antitetánico, antiofídico, anticarbunco, etc.

c) Los antibióticos

Los *antibióticos* (del griego *anti* = contra + *bios* = vida, la de los organismos perjudiciales) son sustancias capaces de destruir los gérmenes patógenos o infecciosos, sin perjudicar al organismo. La administración de antibióticos es uno de los recursos extraordinarios de la medicina de estos últimos tiempos; ellos han

	lepra	tuberculosis	sífilis	difteria	blenorragia	brucelosis	pneumonía	virus
Aureomicina								
Terramicina								
Estreptomicina								
Penicilina								
Sulfamida								

permitido salvar muchas vidas. Antes de su descubrimiento, el individuo quedaba librado a sus defensas naturales para luchar contra la infección, que se presentaba muchas veces solapadamente a raíz de una herida que se contaminaba o en el transcurso de una enfermedad.

Los microorganismos de la infección se multiplican en gran escala en la sangre o en los tejidos y cuando el organismo carece de los normales recursos de lucha es vencido y desorganizado. Los antibióticos introducidos en la sangre atacan y destruyen a dichos microorganismos, venciéndolos y curando al individuo.

Las intervenciones quirúrgicas, siempre peligrosas porque era difícil evitar en todos los casos la infección, se realizan hoy con toda seguridad en lo que se refiere a este aspecto.

Los principales antibióticos son la penicilina, la estreptomicina, la cloromicetina, etcétera; se puede decir que no pasa año sin que se descubran nuevos antibióticos o se conozca mejor la eficacia de su acción.

d) La desinfección

Literalmente significa quitar la infección o evitar la posible infección de los ambientes y objetos, para que no se conviertan en agentes de contaminación. Se realiza mediante el empleo de desinfectantes o antisépticos líquidos o gaseosos (hipocloritos, cresoles, fenoles, acaroína, bicloruro de mercurio, alcohol, agua lavandina, lechada de cal, etc.). Un buen desinfectante debe ser de fácil aplicación, económico e inofensivo para las personas. Para los utensilios metálicos o de vidrio es mejor la autoclave o el soflamado a la llama de un mechero.

Es obligatoria la desinfección periódica de los locales públicos y medios de transporte de pasajeros.

e) La esterilización

Consiste en la eliminación o destrucción de los microorganismos que pudieran hallarse en un objeto e impedir que sobre él se desarrollen los agentes de la infección. Se lleva a cabo en autoclaves a 110°-120° C, tomando cuidado luego de colocar los objetos esterilizados al abrigo de la siembra de microbios. El enfermero esteriliza cuidadosamente la jeringa y la aguja de inyecciones, poniéndolas en agua hirviente durante diez minutos como mínimo.

El odontólogo esteriliza sus instrumentos soflamándolos en la llama de un mechero de gas o sumergiéndolos en un líquido desinfectante. El cirujano esteriliza todos los instrumentos y gasas en la autoclave; asimismo sus ropas y guantes son escrupulosamente esterilizados.

En las peluquerías es obligatoria la desinfección de las navajas y máquinas de cortar el cabello pues, como se comprende, estos instrumentos pueden servir de vehículo de peligrosas enfermedades.

12 Enfermedades hídricas

Se conocen con este nombre las enfermedades transmitidas por el agua ingerida; figuran entre ellas la fiebre tifoidea, la disentería amibiana, la diarrea infantil y otras.
La diarrea infantil es provocada por diversos gérmenes que vehicula el agua o la leche que se da de beber a los niños pequeños. Esta enfermedad es capaz de ocasionar hasta un 25 % de mortalidad en medios carentes de condiciones higiénicas elementales.
La diarrea infantil se manifiesta por deposiciones frecuentes, inapetencia, sueño intranquilo, lloriqueos inmotivados; los vómitos y la fiebre que la acompañan, especialmente en el verano, con una transpiración copiosa, determinan una deshidratación progresiva, con pérdida de agua y minerales que conduce a graves trastornos. Al menor síntoma debe acudirse de inmediato al médico o al centro de salud más cercano. Las madres o personas a cargo de los niños deberán tener muy en cuenta las siguientes prescripciones:

a) Todos los utensilios (mamaderas, etc.) deberán ser sometidos al agua hirviente durante diez minutos y cuidadosamente preservados de toda contaminación.

b) El agua y la leche deberán ser hervidos durante diez minutos por lo menos.

c) Se combatirá la presencia de moscas y mosquitos, así como se alejarán los basurales y se mantendrán limpios todos los ambientes de la casa.

13 Recomendación muy importante

El aseo personal, la limpieza de los ambientes y de las ropas, las precauciones higiénicas que deben observarse con respecto a los alimentos y las bebidas, constituyen los factores fundamentales de la seguridad personal. Es necesario evitar la suciedad y el manipuleo de objetos sucios. En todos los casos debemos recordar que uno de los preceptos más antiguos, obtenido de la experiencia y que siempre conserva su valor, expresa: "Si quieres vivir sano, lávate con frecuencia las manos".

14 Botiquín familiar

Siempre será muy útil tener en la casa un botiquín con los elementos indispensables para la atención de los primeros auxilios: analgésicos y antifebrífugos, tiras emplásticas, vendas de diferentes tamaños, algodón hidrófilo, alcohol rectificado (96°) o "puro", desinfectantes y antisépticos de uso corriente (agua oxigenada, tintura de yodo, etc.); pinzas y tijeras de mano, etc.

15 La excreción en las plantas

Las plantas carecen de aparatos excretores diferenciados, pues la mayoría de los productos de desecho resultantes del metabolismo celular quedan retenidos en la misma planta, cumpliendo a veces importantes funciones. En tal sentido podríamos nombrar: la lignificación de los tejidos que da a la madera su rigidez y resistencia; el tanino, que vuelve imputrescibles los tejidos muertos; el súber o corcho como elemento protector de la corteza; los aceites esenciales que comunican su aroma a las hojas, flores y frutos que sirven para atraer a los insectos; las resinas y látex que las

protegen del ataque de ciertos depredadores, los cristales de oxalato de calcio, diversos alcaloides, etc.

16 La excreción en los animales

Durante los diversos procesos fisiológicos que tienen lugar en el organismo se originan productos tóxicos que deben ser eliminados, como el amoníaco, muy difusible; el ácido úrico, insoluble, y la urea, soluble. En los animales acuáticos inferiores la difusión a través de la piel o por medio de aparatos colectores sencillos (nefridios) es suficiente. En los animales terrestres se constituyen aparatos complejos de gran eficiencia, que son los riñones. Los mamíferos eliminan dichos desechos en forma de urea por la orina; las aves y los reptiles, como ácido úrico, con orina semisólida, lo que representa retener agua, muy importante especialmente para los reptiles. En los peces, los colores brillantes de algunas escamas se deben a depósitos de dichos desechos.

Los riñones contribuyen a regular el contenido de agua en el organismo, juntamente con la regulación del tenor de sales y diversas sustancias orgánicas y minerales. Ciertos trastornos del organismo se reflejan en la composición de la orina: glucosuria y albuminuria (presencia anormal de glucosa y albúmina, respectivamente, en la orina); glucemia y uremia (presencia anormal de glucosa y urea en la sangre).

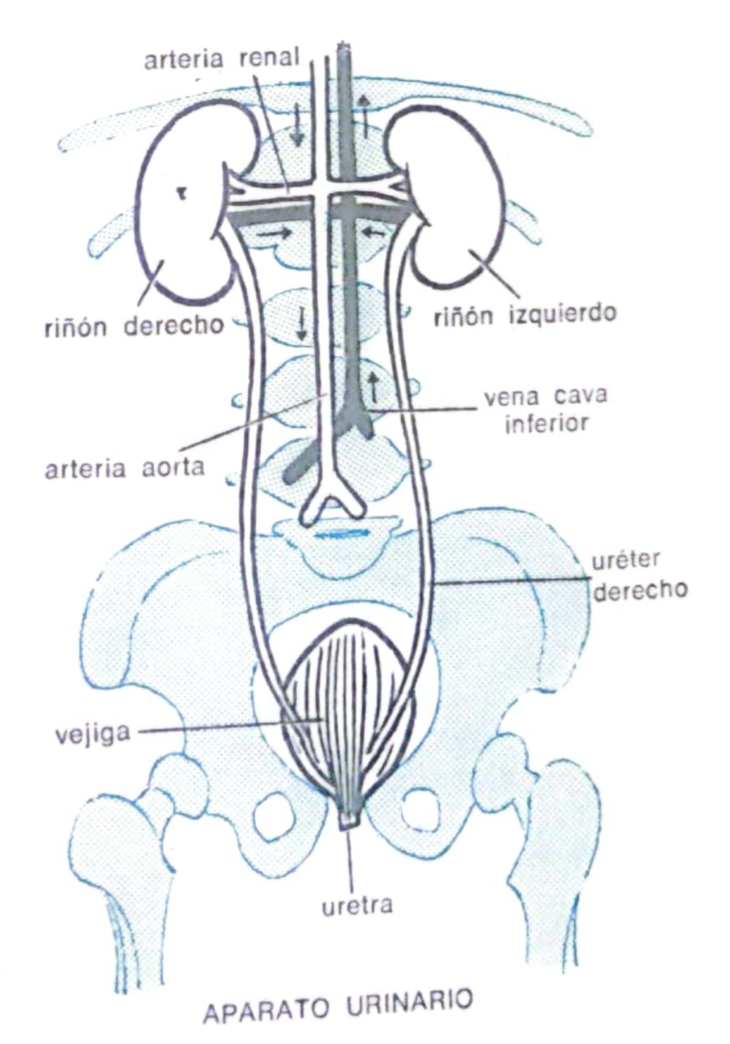
17 La excreción y los aparatos excretores en el hombre

a) Glándulas excretoras

Se llaman glándulas excretoras (riñón, glándulas sudoríparas y sebáceas) las que arrojan al exterior los productos tóxicos o inútiles que se encuentran en la sangre como consecuencia de la actividad del organismo.

b) Los riñones

Los riñones son los encargados de eliminar por la orina una gran cantidad de principios tóxicos, especialmente la urea, que provienen del desgaste funcional de todos los tejidos y del metabolismo de los alimentos. La acumulación de la urea en el organismo ocasionaría la muerte por envenenamiento en un breve plazo (uremia). Por esto, llamamos a los riñones "purificadores de la sangre" y no es de extrañar que su mal funcionamiento repercuta en todos los casos sobre la salud del individuo. Por esta misma razón, el análisis químico de la orina permite al médico establecer el diagnóstico de algunas en-



APARATO URINARIO

fermedades y vigilar la evolución de las mismas.
Para tratar ciertas enfermedades renales graves se hace necesario someter al paciente al tratamiento mediante un "riñón artificial". En este aparato, la sangre, tomada de una arteria del antebrazo vuelve a una vena contigua después de recorrer un sistema de filtros o dializadores en los que se descarga de sus productos tóxicos. La sangre es impulsada por una bomba y tarda varias horas en recorrer el sistema.

c) Glándulas sudoríparas

Las glándulas sudoríparas, repartidas por toda la piel, se encargan de eliminar agua con un poco de sal y algunos ácidos grasos que dan su olor peculiar a la transpiración. Por eso se ha dicho que el sudor es una orina diluida. Es por lo tanto de mayor importancia la higiene de la piel, a fin de que la transpiración pueda efectuarse libremente. Al lado de esta misión, el sudor desempeña un papel primordial en la regulación de la temperatura; es la mejor defensa que posee el organismo contra el calor excesivo.

d) Glándulas sebáceas

En la piel se encuentran también las glándulas sebáceas; su misión es la de segregar el sebo, que hace la piel más flexible e impermeable a los líquidos. La ausencia de glándulas sebáceas en la palma de la mano y en la planta de los pies hace que la piel de éstas aparezca arrugada después de una prolongada inmersión en el agua. Los nadadores se untan el cuerpo con lanolina, cuando deben permanecer varias horas en el agua.

IX. La vida en el agua

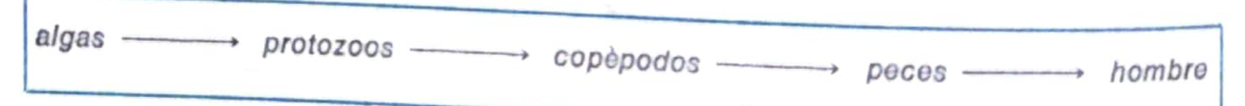
1 Plantas y animales acuáticos

En los mares, en los ríos y en los lagos viven una cantidad innumerable de organismos, tanto vegetales como animales. Bajo el espejo de agua que refleja el paisaje vecino, bulle intensamente la vida, y el pescador que arroja el anzuelo al azar, en las profundidades de las aguas opacas, no tiene idea de la extraordinaria riqueza de formas que dichas aguas encierran, pues una gran mayoría son animales y vegetales invisibles a simple vista. Estas formas microscópicas sirven de alimento a los animales un poco más grandes y éstos, a su vez, a los que ya alcanzamos a ver, los que a su vez son devorados por las especies mayores. En ninguna parte, como en el reino de las aguas, es verdad aquello de que "el pez grande se come al chico".

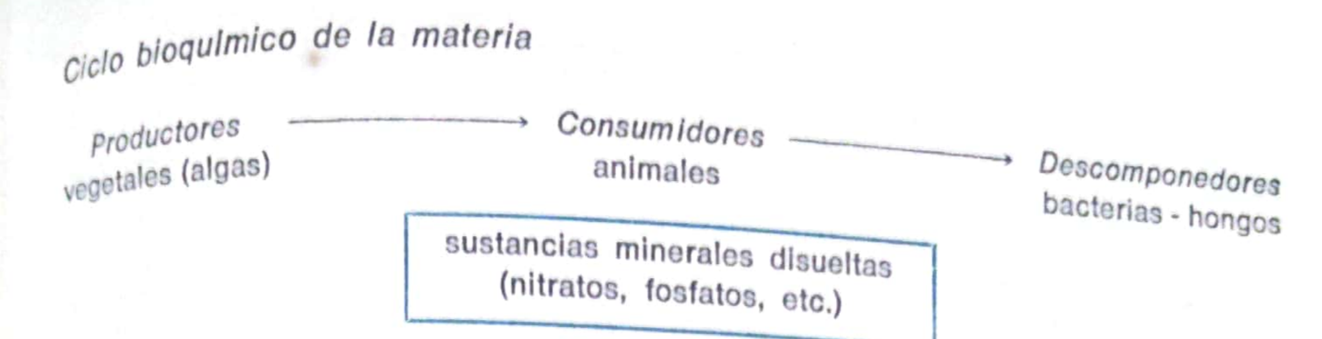
Análogamente con lo que sucede con los grandes organismos terrestres, también en el agua se establece un ciclo de la materia que asegura la continuidad de la vida, aunque desaparezcan los individuos.

Los organismos vegetales (algas en el caso de las plantas acuáticas), gracias a su actividad fotosintética, producen las sustancias orgánicas que sirven de alimento a los herbívoros que serán luego devorados por los carnívoros. Los desechos que se producen y los cadáveres son convertidos en sustancias minerales (nitratos, fosfatos, etc.), por acción de bacterias y hongos. Estas sustancias minerales a su vez, sirven de alimento a los vegetales, cerrándose el ciclo.

Representación de una cadena alimentaria



Ciclo bioquímico de la materia



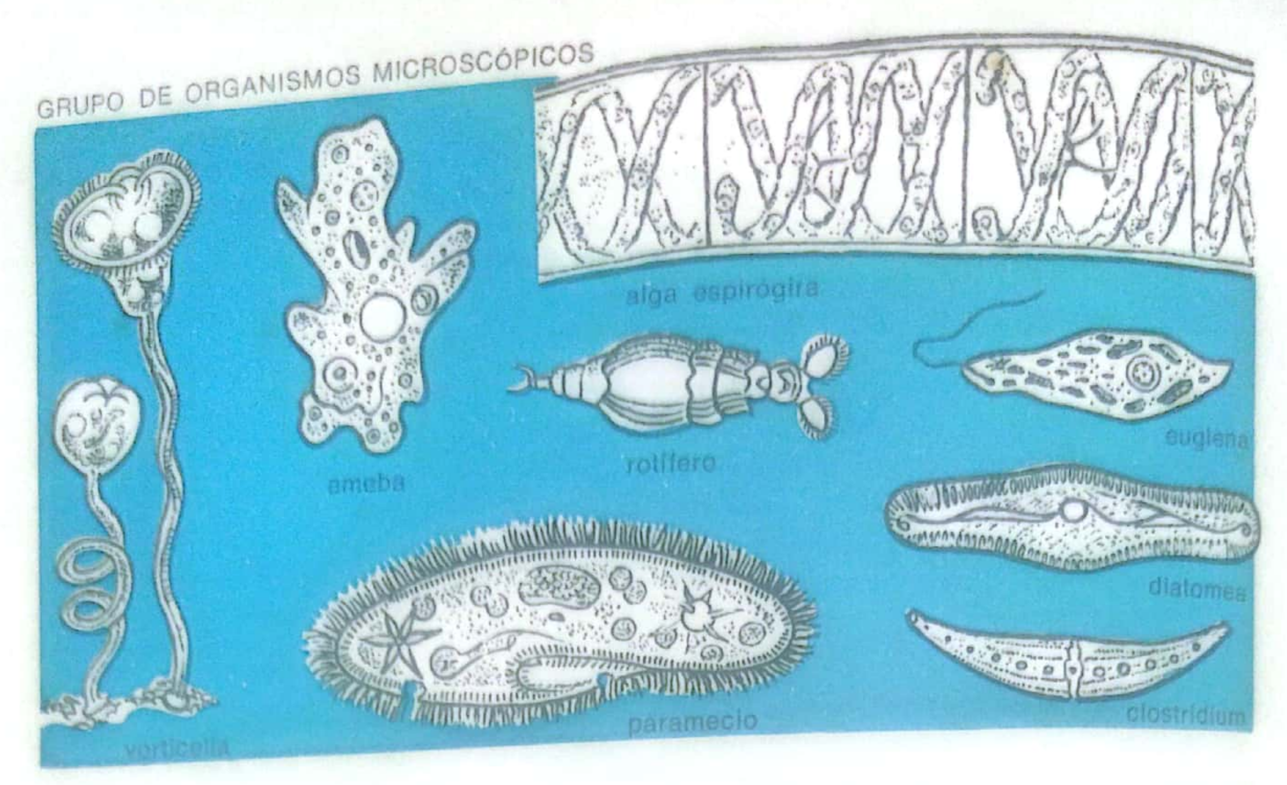
Las algas marinas, constituyentes del fitoplancton, por su gran número a pesar de su tamaño microscópico, cumplen en las aguas el papel de las praderas herbáceas de la tierra; por eso han sido llamadas con mucha propiedad "praderas marinas" dada su intensa actividad fotosintética (80 % del total).

No debemos olvidar que las aguas oceánicas ocupan más de las tres cuartas partes de la superficie terrestre, y que ésta aparece surcada por innumerables ríos, arroyos, lagos y lagunas, charcas y pequeños estancamientos de agua, donde los organismos acuáticos encuentran un medio favorable para su desarrollo. En el agua se encuentran comparativamente mucho más protegidos que en la tierra, y también pueden alcanzar mayor volumen que el que alcanzan los organismos terrestres. El elefante es el animal terrestre más grande, pero la ballena azul, que llega a medir más de 30 m de longitud, es el animal más grande de la creación.

Los organismos acuáticos respiran el oxígeno atmosférico que se halla disuelto en el agua, y en el agua que les circunda arrojan el gas carbónico que resulta de los procesos respiratorios. El oxígeno de la atmósfera se disuelve en el agua a medida que disminuye su contenido en ella; de modo que se asegura, por simples

DIVISIONES BIOLÓGICAS DEL MAR

nivel del mar
0 m
PLANCTON
(flotantes)
NECTON
(nadadores)
200 m
1000 m
plataforma
submarina
(talud)
fondo abisal
BENTOS
(fijadas y
reptantes)
11 000 m



relaciones físicas, la provisión necesaria para mantener la vida de los seres que pueblan las aguas.

El dióxido de carbono es utilizado en la fotosíntesis por los vegetales acuáticos; el resto se combina con sales calcáreas para dar bicarbonatos solubles que es el elemento que utilizan algunos animales para construir sus estructuras calcáreas (pólipos, esponjas, valvas de moluscos, caparazones de crustáceos, dermatoesqueleto de equinodermos, huesos de los vertebrados, etc.).

Hasta una profundidad de 200 m, que representa la zona en que pueden penetrar los rayos del sol, existen organismos vegetales juntamente con los animales; más allá de dicha profundidad sólo puede existir la vida animal, y animales a veces de formas muy curiosas se encuentran en los abismos a más de 6 000 m de profundidad.

Los vegetales acuáticos y los animales inferiores, esponjas, medusas, corales, ciertos gusanos y crustáceos pequeños, respiran directamente a través de la superficie del cuerpo (respiración cutánea); los animales superiores, como los moluscos, algunos gusanos y la mayoría de los crustáceos, equinodermos y los peces, respiran por medio de branquias; son organismos típicamente acuáticos. Pero existen animales –reptiles, como las tortugas; algunas aves, como los pingüinos y albatros; mamíferos, como los cetáceos (ballenas, cachalotes y toninas), las focas y lobos de mar– que se han adaptado a la vida en el agua: en ella pasan su existencia, pudiendo salir a la orilla en algunos casos (tortugas, aves, lobos de mar, focas, etc.), o permanecer en ella todo el tiempo (cetáceos); pero, como señal de su pasado de vida aérea, respiran por pulmones y, por lo tanto, deben salir necesariamente a la superficie para respirar.

En el caso de los cetáceos, podría parecer extraño que cuando quedan varados en la playa se mueren por asfixia, pero es que aquí el peso del cuerpo, siempre voluminoso, aplasta al animal contra el suelo e impide que se realicen los movimientos respiratorios.

Entre los animales acuáticos podemos distinguir los habitantes de las aguas dulces y los marinos, así como los de agua salobre, división que también rige para los vegetales. Algunos peces marinos (caso del salmón) que viven en el mar, remontan los ríos para ir a desovar en las na-

cientes; otros, que viven en los ríos (caso de la anguila europea), van a desovar al mar, emprendiendo largos y fatigosos viajes.

Los cetáceos (ballenas, cachalotes, delfines, orcas), que los antiguos naturalistas incluían entre los peces, y los sirénidos (manatíes del Amazonas y el Caribe) son mamíferos estrechamente adaptados al agua, al punto que no la abandonan ni para procrear.

Los lobos y las focas son carnívoros cuyas extremidades se han convertido en aletas; torpes en tierra, nadan muy bien. Se reúnen en ciertas costas en grandes manadas (roquerías o loberías).

Los palmípedos (patos, cisnes, gallaretas), las colimbiformes (cormoranes, biguás) y las zancudas (flamencos, chorlos, garzas) son aves que muestran su adaptación a un régimen acuático por sus pies palmeados o sus largas patas. Los pingüinos, que habitan las aguas circumpolares del sur, muestran la más estrecha adaptación al medio acuático. Los guanai (cormoranes), los piqueros y los alcatraces (pelícanos), forman con sus excrementos enormes depósitos de guano en las islas situadas frente a Perú y a Ecuador, objeto de intensa explotación comercial.

Entre los reptiles, existen tortugas de río y de mar que deben salir a tierra para depositar sus huevos. En los ríos tropicales pululan yacarés y caimanes.

Los batracios son animales de agua dulce, y aunque algunos de ellos puedan vivir fuera del agua (sapos, escuerzos y ranas), al estado adulto, deben volver a ella para desovar y cumplir sus estados larvales.

En los mercados es posible observar multitud de peces y mariscos (mejillones, langostas de mar, camarones, langostinos, almejas, berberechos, pulpos, calamares) que son objeto de activo comercio.

Adheridas a las rocas se encuentran algas laminares o ramificadas, verdes, rojas o pardas, según el pigmento predominante que acompaña siempre a la clorofila; algunas están incrustadas de sales calcáreas. Los cachiyuyos son algas pardas que alcanzan gran longitud (más de 100 m). Algunas son explotadas para obtener el agar-agar, sustancia gelatinosa de múltiples usos industriales.

Recorrer la lista de los animales acuáticos es prácticamente repasar el cuadro de la clasificación del reino animal, pues todos los grupos animales tienen representantes acuáticos; los únicos grupos que han conquistado definitivamente la tierra son los vertebrados terrestres (reptiles, aves y mamíferos) y los artrópodos terrestres (arácnidos, miriápodos e insectos). Muchos animales terrestres (lombriz de tierra, crustáceos y gusanos que viven en cuevas o bajo piedras, en lugares húmedos), en rigor lo son sólo en apariencia, pues respiran por la piel o por branquias, que son estructuras típicamente de animales acuáticos.

En el reino vegetal son exclusivamente acuáticas las algas, algunos hongos y algunas plantas superiores (helechos, fanerógamas) que se adaptan a vivir sumergidas; las restantes se consideran terrestres. Sin embargo, aquí también, en rigor, solamente pueden considerarse terrestres las plantas que dan flores, pues ellas se han independizado totalmente del agua al fecundarse mediante la emisión de un tubo polénico que lleva los elementos reproductores masculinos hasta el óvulo. Todas las criptógamas necesitan del agua líquida, así sea una pequeña gota, para que se produzca el encuentro de los elementos sexuales y se engendre una nueva planta.

2 La pesca

La pesca deportiva cuenta con millares de aficionados en todos los países; para algunas especies marinas (tarpon, pez espada,

barracuda) y fluviales (truchas, salmones, dorados) se organizan torneos de gran resonancia.

La pesca con anzuelo y sedal es uno de los oficios más antiguos; fue, además de la caza, más aleatoria y peligrosa la manera de procurarse proteína animal, y todavía es el gran recurso de las poblaciones isleñas o costeras donde no existe o no prospera el ganado.

La pesca comercial utiliza redes de arrastre de diversos tipos y otras fijas o almadrabas, para reunir gran cantidad del producto; para esto cuenta, además, con barcos de mediano y gran porte que le permiten operar por varios días en alta mar, pues las refrigeradoras y congeladoras modernas aseguran la conservación del producto hasta el ingreso al puerto.

Los peces obtenidos se dedican al consumo interno o para su industrialización. Las fábricas preparan conservas enlatadas, en salmuera, en aceite o al natural, ahumadas o secadas como se hace con el bacalao. De las especies no comestibles se extraen aceites y harinas, que sirven para preparar alimentos balanceados para animales y fertilizantes o abonos para plantas.

La pesca submarina es una actividad reciente; los que la practican usan trajes especiales y provisión de oxígeno para asegurar su permanencia bajo el agua. Se practica en zonas de aguas claras y no muy frías, con fines deportivos y científicos (observación y registro fotográfico de la fauna y flora submarinas, rescate de piezas arqueológicas hundidas en antiguos naufragios, etc.).



La EDITORIAL KAPELUSZ S.A. dio término a la presente tirada de la primera edición de esta obra, que consta de 2.000 ejemplares, en el mes de febrero de 1979 en los Talleres Gráficos Corolaire, Paso 192, Avellaneda.

K — 16.153



Escaneado con CamScanner